

# INTEGRATED TYPE ELECTRONIC CONTROL SYSTEM FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE INJECTION DEVICE

**Publication number:** JP8042382 (A)

**Publication date:** 1996-02-13

**Inventor(s):** SUKOTSUTO EI TONPUSON; JIEFURII DAIKAA; JIYONASAN EI SUTABUNHAIMU; UIRIAMU MEIYAA; GURETSUGU FURAI DOHORUMU; ZON SAN; JIYOOJI SUTATSUDOMAN; MAAKU JII TOOMASU; DABURIYU BIIRU DERANO

**Applicant(s):** CUMMINS ENGINE CO INC

**Classification:**

**- international:** F02M45/00; F02D41/20; F02D41/38; F02M41/16; F02M45/04; F02M45/12; F02M47/00; F02M47/02; F02M55/02; F02M59/46; F02M63/00; F02D41/20; F02D41/38; F02M41/00; F02M45/00; F02M47/00; F02M47/02; F02M55/02; F02M59/00; F02M63/00; (IPC-1-7): F02D41/38; F02M45/00; F02M47/00; F02M55/02

**- European:** F02D41/38C8B; F02D41/20; F02D41/38C4; F02M41/16; F02M45/04; F02M45/12; F02M59/46; F02M59/46E; F02M63/00C

**Application number:** JP19950109836 19950508

**Priority number(s):** US19940238859 19940506

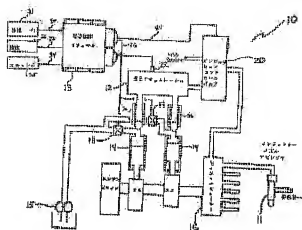
**Also published as:**

JP2865588 (B2)  
EP0681100 (A2)  
EP0681100 (A3)  
EP0681100 (B1)  
DE69525986 (T2)

more >>

## Abstract of JP 8042382 (A)

**PURPOSE:** To improve the emission control and the engine performance by providing a variable fuel delivery rate in each injection event, and reducing the fuel amount to be injected in the initial stage of the injection event. **CONSTITUTION:** An electronic control module (ECM) 13 controls the fuel amount to be supplied to an injector nozzle 11 by a distributor 16, and controls the operation of pump control valves 18, 19 and an injection control valve 20 based on various engine operating conditions. The ECM 13 monitors and controls the operation of the injection control valve 20 by an injection control line 24. The ECM 13 monitors the pressure in an accumulator 12 using a pressure sensor 22, and controls the operation of the pump control valves 18 and 19 to check that the accumulator 12 stores the fuel at a desired pressure.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-42382

(43) 公開日 平成8年(1996)2月13日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 2 D 41/38		A		
F 0 2 M 45/00		E		
47/00		E		
55/02	3 5 0	P		

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願平7-109836  
 (22) 出願日 平成7年(1995)5月8日  
 (31) 優先権主張番号 2 3 8 8 5 9  
 (32) 優先日 1994年5月6日  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

対面チェック

int. Recherchenbericht  
 US 567821

(71) 出願人 591112201  
 カミンス エンジン カンパニー インコ  
 ーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 47201 インディアナ州  
 コロンバス ジャクソン ストリート  
 500  
 (72) 発明者 スコット エイ. トンプソン  
 アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
 コロンバス イースト ベース ライン  
 ロード 4951  
 (74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外4名)

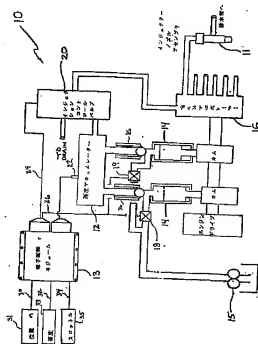
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関燃料噴射装置用の統合型電子制御システム

(57) 【要約】

【目的】 燃料のタイミング、送達および計量を効果的に制御する。

【構成】 ポンプ・コントロール・バルブ18、19、およびインジェクション・コントロール・バルブ20の動作を、さまざまなエンジン動作条件に基づいて制御する。ECM13は、噴射制御ライン24を介してインジェクション・コントロール・バルブ20と接続される。噴射制御ライン24により、ECM13は、インジェクション・コントロール・バルブ20の動作をモニターし、制御できるようになる。また、ECM13は、ポンプ・コントロール・バルブ18と19、および圧力センサー22とも接続される。ECM13は、圧力センサー22を使用してアクチュエーター12内の圧力をモニターし、アクチュエーター12が希望の圧力で燃料を格納していることを確実にするために、ポンプ・コントロール・バルブ18と19に動作を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも第1ポンプ・チェンバーおよび第2ポンプ・チェンバーが、選択して高圧アキュムレータに燃料を供給し、燃料が、電子的に制御された電磁弁の起動時に、デストリビュータを経由して、選択されたときに、高圧アキュムレータから個々のコンパクション・チェンバーに流れる、内燃機関燃料噴射装置用の統合型電子制御システムであって、a) 基準点に際してエンジン回転のアンギュラー・ポジションを示す位置信号を生成するためのエンジン・ピストン・センサー手段と、

b) 前記高圧アキュムレータ内の燃料圧力を示す圧力信号を生成するためのアキュムレータ圧力センサー手段と、

c) 前記第1および第2ポンプ・チェンバーから前記高圧アキュムレータへの燃料の供給をそれぞれポンプ制御信号に呼応して選択して可能とするための圧力移送作動手段と、

d) バルブ制御信号に呼応して、前記電子的に制御された電磁弁を開放するための電磁弁作動手段と、

e) 前記バルブ制御信号を伝達するための、前記電磁弁作動手段に接続される制御回路と、f) プログラムを記憶するための記憶装置手段、および電気的な入力と出力を備え、前記プログラムを読み取り、実行するために、前記記憶装置手段に接続されるマイクロプロセッサを具備する制御手段であって、前記エンジン・ポジション・センサー手段、前記アキュムレータ圧力センサー手段、前記圧力移送作動手段、および前記制御回路を経由して前記ソレノイド・バルブ作動手段に、

i) 前記エンジン回転アンギュラー・ポジションをモニターし、前記アンギュラー・ポジションに同期して前記アキュムレータ圧力をモニターし、複数の前記電磁弁制御信号を複数のコンパクション・チェンバーのために選択して生成し、コンパクション・チェンバーの1つの中に燃料を噴射する必要があるときに、前記アンギュラー・ポジションと同期して計算された時間で前記制御回路上に前記複数の電磁弁制御信号を送信するため、ロ) および、前記アキュムレータ内で希望の圧力範囲を維持するために、前記アンギュラー・ポジションと同期して複数の前記ポンプ制御信号を選択して生成するために、接続される制御手段と、を具備する統合型電子制御システム。

【請求項2】 請求項1記載のシステムであって、前記マイクロプロセッサが、エンジンの回転中標準的な間隔で、前記それぞれの間隔でのエンジンのアンギュラー・ポジションに応じて、前記位置信号を受け取り、

(1) プログラムされた経過時間の後に前記電磁弁制御信号を生成するためのバルブ・タイマー機能、および

(2) プログラムされた経過時間後に、前記ポンプ制御信号の1つを生成するためのポンプ・タイマー機能を、

選択して作動するシステム。

【請求項3】 請求項2記載のシステムであって、さらに、前記位置信号に基づいて、定期的にマイクロプロセッサ割り込みを作成するための割り込み手段を具備するシステム。

【請求項4】 請求項3記載のシステムであって、前記割り込み手段が、エンジン回転30度を過ぎてから、前記マイクロプロセッサに割り込むシステム。

【請求項5】 請求項2記載のシステムであって、さらに、現在のエンジン動作パラメータについての情報を提供するために、制御手段に接続されるエンジン動作状況感知手段を具備するシステム。

【請求項6】 請求項5記載のシステムであって、さらに、前記エンジン動作状況感知手段により提供される前記情報に呼応して、前記バルブ・タイマー機能および前記ポンプ・タイマー機能の前記制御信号の生成前にプログラムされた経過時間を動的に変化させるために、前記マイクロプロセッサと関連した可変タイミング手段を具備するシステム。

20 【請求項7】 請求項1記載のシステムであって、前記エンジン・ポジション・センサー手段が、回転する軸の指定位置で信号を生成するための位置検出手段、エンジン速度を示す信号を生成するための回転速度検出手段、前記位置検出手段信号と前記回転速度検出手段信号を受信し、基準点に際してエンジンの回転アンギュラー・ポジションを示す前記位置信号を生成するための位置計算手段とを具備するシステム。

30 【請求項8】 請求項1記載のシステムであって、さらに、前記エンジン・ポジション・センサー手段がエンジン・アンギュラー・ポジションの正確な表示を提供し始める前に、前記第1および第2ポンプ・チェンバーの少なくとも1つを起動し、エンジン始動中にアキュムレータを与圧するために、反復する一連の前記ポンプ制御信号を生成するための始動起動手段を具備するシステム。

【請求項9】 請求項1記載のシステムであって、燃料噴射装置が、噴射イベント中にコンパクション・チェンバーに送達される燃料の圧力を動的に変化させるために、前記電氣的に制御される電磁弁と前記個別コンパクション・チェンバーの間に配置されるレート形成手段を具備し、前記制御手段が、さらに、噴射イベント中にコンパクション・チェンバーに送達される燃料の圧力を動的に変化させるために制御信号を生成するための前記レート形成手段に接続されるレート形成制御手段を具備するシステム。

【請求項10】 請求項1記載のシステムであって、さらに、電磁弁に対する駆動電流フローに基づいて、電磁弁の機械的な動作の始動および停止を電氣的に検出するための、前記電磁弁作動手段に接続される、逆EMF検出手段を具備するシステム。

3

【請求項11】 請求項10記載のシステムであって、前記逆EMF検出手段が、それぞれが正の入力と負の入力を持つ2つの演算増幅器を具備し、第1演算増幅器の正の入力が電磁弁のコイルの回路内の感知抵抗器に接続され、第2演算増幅器の正の入力が第1演算増幅器の出力に接続され、第1および第2演算増幅器の負の入力がブロック装置を介して接地に接続され、第2演算増幅器の正と負の入力が、第2演算増幅器の前記正と負の入力のどちらか一方の入力へ電流が流れるようにするダイオード・ネットワークにより接続され、第2演算増幅器の出力が、電磁弁の動作を示す出力信号を提供するために接続される、システム。

【請求項12】 請求項1記載のシステムであって、前記電磁弁作動手段が、さらに、パルプ制御信号の受信時に提供される第1レベル、パルプの開放前に、前記第1レベルの代わりとなり、コイルを飽和させない電圧で設定される、前記第1レベルより低い第2レベル、および電磁弁の開放後に、前記電磁弁を開放位置に保持するために、前記第2レベルの代わりとなる、前記第2レベルより低い第3レベルという、3つの電圧レベルの内の1つを電磁弁のコイルに選択して提供するための複数レベル・プースト手段を具備するシステム。

【請求項13】 請求項12記載のシステムであって、さらに、電磁弁に対する駆動電流フローに基づいて、電磁弁の機械的な動作の始動および停止を電氣的に検出するために、前記電磁弁作動手段に接続される逆EMF検出手段を具備するシステム。

【請求項14】 請求項1記載のシステムであって、燃料噴射装置が、ディストリビューターと個々のコンパクション・チェンバーの間に、少なくともその内の2本が違った長さである複数のフェュエル・ラインを具備し、電子制御システムが、さらに、ディストリビューターとそのコンパクション・チェンバー間のフェュエル・ライン長に応じて変化する各コンパクション・チェンバーに関連した値を記憶するための手段、およびさまざまなフェュエル・ライン長を補償するために、パルプ制御信号を変化させるための噴射コマンド変更手段とを具備するシステム。

【請求項15】 請求項1記載のシステムであって、電磁弁作動手段が、さらに、前記電磁弁の予測された起動の直前の時間の間コイルに適用される、電磁弁の引き込み電流より低い第1電流レベル、および燃料噴射が希望されることを示すパルプ制御信号に応答して、コイルに適用される引き込み電流に等しいか、あるいはそれより高い第2電流レベルという、2つの電流レベルの内の1つを電磁弁のコイルに選択して提供するための事前バイアス手段を具備するシステム。

【請求項16】 請求項1記載のシステムであって、さらに、前記第1および第2ポンプ・チェンバーの内の一方に関連する予測測定されたアクチュエーター圧力値

4

の少なくとも1つを記憶し、前記予測測定された値を、前記第1および第2ポンプ・チェンバーの他方に関連する現在のアクチュエーター圧力値と比較し、前記現在値および予測測定された値の間の差異が事前に決定した記憶値を越えるかどうかを示すための、制御手段に接続されるポンプ動作モニター手段を具備するシステム。

【請求項17】 請求項1記載のシステムであって、さらに、固定エンジン負荷の適用および削除に呼応して、一定のエンジン速度を維持するために、燃料供給レベルを変化させるための速度制御手段、固定負荷が適用中であるという指示を受け取るためのオペレーター入力手段、および固定負荷が適用中であるという指示に呼応して、エンジンに対する燃料供給のレベルを電子的に上昇させるための負荷イベント応答手段とを具備するシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、内燃機関のコンパクション・チェンバー（燃焼室）への燃料提供を制御するためのシステムおよび方法に関し、実施例においては、高圧燃料ポンプおよび燃料アクチュエーターを具備するマルチ・シリンダー圧縮点火エンジンと使用するためのシステムおよび方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 本出願は、1993年5月6日に出願されたアクチュエーター付きコンパクト高性能燃料装置という米国特許出願番号08/574,489の一部継続出願である。

【0003】 本出願には、著作権保護の対象となる、68フレームを含む1フィッシュが入ったマイクロフィッシュ・ソフトウェア付録（添付書類）を含む。著作権所有者は、それが特許商標のファームウェアまたは記載されているため、特許開示を行う人物によるファクシミリ複写に異議を唱えないが、それ以外の場合は、すべての著作権その他すべてを留保する。

【0004】 75年以上にも渡って、内燃機関は、人類の原動力の主要な源であった。その重要性あるいはその完成を追求する上で支払われた設計努力を誇張することは難しい。内燃機関の設計の技術は非常に成熟し、熟知されているので、大部分の「新規の」エンジンの設計は、多岐に渡る既知の代替案の中の選択肢から構成されている。例えば、改善されたアウトプット（出力）・トルク曲線は、エンジン燃料の経済性を犠牲にすれば容易に達成可能である。エミッションの減少や信頼性の向上も、コストを増やせば達成可能である。バターの増加、およびサイズまたは重量、あるいはその両方の低減化などのその他の目的も、通常は燃料効率および低コストの両方を犠牲にすれば、依然として達成できる。

【0005】 エンジンの燃料装置（システム）は、たいていの場合、性能およびコストに最大の影響を与える構

成部品である。したがって、内燃機関用燃料装置は、今日まで、内燃機関の開発に関して払われてきた総設計努力のかんりの部分を占めている。この理由から、現代のエンジンの設計者は、並外れた数の選択肢および既知の燃料装置の概念の組み合わせを持っている。設計作業には、通常、コスト、サイズ、信頼性、性能、製造の容易さ、および既存のエンジン設計との過去に遡る互換性の中で、きわめて複雑かつ微妙な妥協が必要となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】現代の設計者にとっての課題は、政府の命令に反映される燃料効率の上昇および環境の浄化に対する一般の要求に応える必要性によって、大きく増幅されてきた。燃料装置の設計の成熟した性質という観点から、燃料装置技術におけるさらなる革新から、エンジン性能の向上とエミッションの削減の両方を引き出すことはきわめて困難である。しかし、環境に対する幅広い関心とこの関心に刺激される基準という点から考えて、このような革新に対する必要性が、今までにこれほど大きくなったことはない。これらの基準、特に圧縮点火エンジンに対する基準を満たすには、はるかにより高価な燃料装置、またはエンジンを再設計するためのコスト、あるいはその両方という負担を消費者に負わせるのを避けるための、燃料装置における大幅な革新が必要となるであろう。

【0007】本特許の譲受人であるカミンズ・エンジン社(Cummins Engine Company)が、矛盾する設計基準を満たす上で、この革新に対する必要性に取り組むために、新規ポンプポンピング(ポンプ送給)及びディストリビューション(分配)構成を持った大変革をもたらす燃料供給装置を開発した。

【0008】簡略には、実施例において、新規燃料供給装置(fueling system)は、燃料がそこから機械的なディストリビューター・バルブにより複数のエンジン・シリンダーに向けてられる高圧アキュムレーターに燃料を供給する、1つ以上の高圧ポンプ・シリンダーを備えたインライン往復運動カム駆動型ポンプを具備する。二重(デュアル)ポンプ・コントロール・バルブは、エンジンの速度に関係なく、有効ポンプ排出量を変更し、アキュムレーターの燃料圧力を維持するための可変タイミングで、開閉可能である。1つ以上のインジェクター・コントロール・バルブが、アキュムレーターとディストリビューターの間提供されるため、同じ1個のまたは複数のバルブがシリンダーに対する噴射のタイミングおよび燃料量を順次制御する。

【0009】この改善型燃料供給装置を開発する上で、この新規装置を制御するために特に適応する改良型電子システムに対するニーズが高まっている。実際、発明者らは、この燃料供給装置設計の(低コスト、燃料効率、および公害管理という観点からの)完全な見込は、この新規燃料供給装置を構成するさまざまなフューエル・フロ

ー制御メカニズムの統合的な制御およびモニターを提供する先進電子制御システムを提供することによってのみ、実現できるということを見出した。各噴射イベント(事象)の間の燃料送達速度の変動(ばらつき)を電子的に制御することにより、改善された制御動作特性を得ることができる。さらに、特定な新規制御アルゴリズムおよび信号構成を持つ本発明の電子制御システムは、一般的に燃料供給装置の有利な設計選択肢の多くを実現できるようにする。

10 【0010】従来の技術が、インライン往復運動ポンプ、アキュムレーター、単一インジェクター・コントロール・バルブ、および燃料ディストリビューターを有利に組み合わせる燃料噴射装置を提供または提案しないのと同じように、この分野における過去の努力は、すべてのエンジン・シリンダーを点火させることにより、高圧アキュムレーター内で希望の圧力レベルを維持するために、インライン往復運動ポンプを制御でき、同時に、正確な噴射タイミングおよび各シリンダーに対する燃料量の制御を次々に提供するために、単一インジェクター・コントロール・バルブを制御でき、機能を持つ統合型電子システムを提案できていない。

20 【0011】言うまでもなく、従来の技術には、その制御アルゴリズムおよび信号出力が他の種類の燃料噴射装置にとっては適切である電子制御システムが十分に存在する。電子制御装置を利用して燃料噴射を制御する1つの方法は、コマツに譲渡された、ナカオの日本特許出願57-68532に開示されている。この文献は、電子的に制御された高圧ポンプ、およびディストリビューター・タイプ・バルブおよび対応する燃料供給ラインを通して複数のインジェクション・ノズルへ供給するためにポンプ出力を受け取るためのアキュムレーターを開示する。アキュムレーター内の圧力は、高圧ポンプの有効排出量を制御するために、感知されたアキュムレーター圧力およびエンジン位置に基づいて、第1電子制御装置により調節される。ただし、このシステムにおいては、噴射のタイミングおよび量は、ディストリビューター内の回転式バルブ要素を制御することにより、別個の電子装置により変化する。このようにして、エンジン内の燃料を正確に制御するために噴射のタイミングと噴射率、および燃料圧力の統合的な制御装置は存在しない。

40 【0012】従来に技術に開示されるその他のシステムは、1個の制御装置で、アキュムレーターおよびインジェクション・ノズルを電子的に制御してきたが、これらのシステムも、同様に、統合型電子制御システムを利用してマルチ・チェンバー・ポンプ、および単一のインジェクション・ソレノイドの制御は行わなかった。ベック(Beck)その他に対する米国特許RE(再発行特許)33,270、ミヤキその他に対する米国特許5,094,218、マーチン(Martin)に対する米国特許5,109,822、ミヤキその他に対する米国

特許4,777,921、およびミヤキその他によるディーゼル・エンジン用新規電子制御式燃料噴射装置EC-D-U2の開発という題のSAE記事番号9102552のそれぞれは、フュエル（燃料）・レールが高圧ポンプの出力を格納し、それぞれがフュエル・レールに直接接続され、シリンダーと結び付いている複数のインジェクション・ノズルを通して、燃料をシリンダーに分配するシステムを開示している。各ノズルは、アキュムレーターから各シリンダーへのフュエル・フローのタイミングおよび量を制御するために、別個の統合型電磁弁を具備する。このシステムにより、フュエル・レール圧力（したがって、噴射圧力）が、エンジン速度に関係なく、必要に応じて調節できるようになる。開示された電子制御モジュールは、各々が、各シリンダー用の個別インジェクター・バルブを制御又は、ポンピング（ポンプ送給）・メカニズムを制御する、数多くの出力を持つ。

【0013】同様にして、（日本電装に譲渡された）オオツカに対する米国特許5,201,294は、複数の高圧ポンプを制御し、それぞれがエンジン・シリンダーに結び付けられたインジェクター・バルブに制御信号を転送する、複数の別個の出力回路も提供する1個の電子制御装置（ECU）を開示する。オオツカのECUは、希望の圧力レベルを維持するために、フィードバック制御テクニックを利用し、共通レール内の圧力に呼応して、ポンプを動作させる。シリンダー噴射制御電磁弁は、同じように、エンジン・スピード・センサーおよびアクセラレーター・センサーにより検出されるエンジン動作状況に呼応して、ECUからの制御命令に基づいて動作される。共通レール内の圧力は、1つまたは両方の燃料ポンプの故障を検出するために、モニターされる。オオツカの欧州特許出願0501463A2は、類似したシステムを開示しているが、計算されたタイミング値に基づいてポンプ電磁弁用の制御信号の同期生成をさらに詳細に説明している。制御プログラムには、エンジン位置の感知に基づいた割り込みプロセスにより起動されるセクションがある。もう一つの日本電装の文書、日本特許出願05-108495は、同様に、シリンダー・インジェクション・バルスおよび共通レール圧力の統合型制御を提供するシステムを説明している。ただし、前記に説明した文書においてのように、これらの日本電装の制御システムの上では、個々のシリンダー・インジェクター・ソレノイドに接続される複数の回路上でさまざまな噴射信号を作成する。

【0014】クローリー（Crowley）その他に対する米国特許5,13,845は、低電圧、低パワー信号を別個の電子（電分配（ディストリビューション）装置に送信することにより、高圧燃料ポンプ、および複数の個々のシリンダー・インジェクター・ノズルを制御する電子制御モジュールを有する燃料噴射装置を示している。

【0015】ステッパー（Stepper）その他に対する米国特許5,137,000、およびハプカ（Hapka）その他に対する5,070,832（カミンズ・エレクトロニクス社）は、他の機能の実行に加えて、燃料噴射を制御する電子エンジン制御システムを示している。ただし、このようなシステムは、アキュムレーター内で燃料圧力を直接制御せず、複数の別個に制御されるフュエル・インジェクター・ソレノイドを利用する。

【0016】いくつかの従来システムにおいては、「ブースト・パワー」回路が、制御信号に呼応してソレノイドをさらに迅速に起動するために、システム・バッテリー電圧よりはるかに高いソレノイド起動電圧を生成する。複数の別々のインジェクター・バルブの内1つを選択して動作する、前記の種類制御システムでブースト回路を利用するためには、複数のブースト回路またはブースト電圧を適切なインジェクター・ソレノイドにチャネルするための分配切り替え回路を提供する必要がある。どちらの解決策も、かなりの数の高価なハイパワー処理構成部品を必要とするであろう。

【0017】各噴射イベント中に噴射される燃料の初期量を削減する1つの方法は、噴射の初期段階の間にノズル・アセンブリに送達される燃料の圧力を引き下げる方法である。ノズル・アセンブリに対する燃料供給率を変更できるように、燃料噴射の初期段階の間にノズルに送達される燃料圧力の制御または整形を行うために、多様な装置が開発されてきた。例えば、米国特許番号3,713,283,3,747,857,4,811,715および5,029,568は、制限されているフュエル・フローの初期期間と、ノズル・オリフィスを通りコンバッション・チャンバーまでの実質上自由なフュエル・フローのそれ以降の期間を作り出すために、各インジェクター・ノズル・アセンブリに関連させた装置を開示している。ただし、これらの燃料供給率制御装置は電子的に制御されておらず、マルチ・インジェクター・システムにおいてはフュエル・インジェクター・アセンブリのそれぞれに対して改良を施す必要があるため、インジェクション・システムのコストと複雑さは増す。クローナギその他に対する米国特許番号4,469,068

は、効果的な燃焼を達成するために燃料噴射率を変化させる可変容量アキュムレーターを具備する、ディストリビューター・タイプの燃料噴射装置を開示している。ただし、この装置は、噴射率を変化させるために、複雑なアキュムレーター制御システムを利用し、往復運動を行うプランジャー・ディストリビューターと利用するために作られている。前記のミヤキのSAEの記事は、噴射イベント中の燃料供給率を徐々に上昇させるための噴射率パターンの制御を開示しているが、形成された噴射率を作成するために、インジェクション・ソレノイドおよび第2ソレノイドを正確に順次起動するための第2ソレ

ノイドおよび制御回路を提供するのではなく、この速度整形を作成するための流体工学手段を利用する。これらの参照文献のいずれも、噴射中に可変噴射率制御を行うために連続してバルブを制御する燃料噴射装置用電子制御システムは示していない。

【0018】一般的には、広範囲なエンジン状況で、エミッション・コントロールとエンジン性能の改善という矛盾する要求を満たすための新規燃料噴射構成（装置）と共働で動作する、実用的で、低価格の制御システムに対するニーズがある。

【0019】従来の技術の欠点を克服すること、特に、エミッション・コントロールとエンジン性能の改善という矛盾する要望を満たす内燃機関燃料装置と使用可能な、実用的で、低コストの制御システムを提供することは、本発明の総合的な目的である。特に、本発明は、以前から存在するエンジン設計の最小の改良しか必要としないが、優れたエミッション・コントロールとエンジン性能の向上を提供する燃料装置の一部として使用可能な制御システムを提供する。

【0020】本発明の他の主要な目的とは、高圧燃料ポンプおよび単一のスリーウェイ（三方）・インジェクション・コントロール・バルブを制御するための電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0021】本発明の他の主要な目的とは、車両以外の応用例においてイベント（事象）をベースにしたエンジン制御のための改良型電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0022】本発明の他の目的とは、ユニット化されたアセンブリ内の電子的に動作するポンプ・コントロール・バルブおよびインジェクション・コントロール・バルブと組み合わされた、ポンプ、アクチュエーター、ディストリビューターを具備する高圧燃料ポンプ・アセンブリ用の電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0023】本発明の他の目的とは、エンジン・コンパートメント内の配線の量を最小限に抑える、高圧燃料ポンプ、およびインジェクション・コントロール・バルブを制御するための電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0024】本発明の他の目的とは、分配（ディストリビューション）とインタフェース回路に対するニーズを最小限に抑える、高圧燃料ポンプ、およびインジェクション・コントロール・バルブを制御するための電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0025】さらに、本発明の他の目的とは、バルブの開放時間を正確に判断し、エンジンの回転と同期した将来の開放時間の予測と制御を行うために、ソレノイドコイルの逆EMFを測定する、インジェクション・コントロール・バルブを制御するためのドライバ回路を提供することである。

【0026】本発明の他の目的とは、バルブと、そのバルブによって制御されているさまざまなインジェクター・ノズルの間の不均一なフュエル・ライン長および不均一な燃料移動時間を補償する、インジェクション・コントロール・バルブを制御するための電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0027】本発明の他の目的とは、どのシリンダーに燃料を供給するべきかに応じて、タイミング信号を送信するために遅延時間を変化させることにより、シリンダーに対する不均一なフュエル・ライン長を補償する、複数のシリンダーに対する燃料噴射を制御する1つのインジェクション・コントロール・バルブを制御するための電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0028】本発明の他の目的とは、インジェクション・コントロール・バルブを正確に制御するために、ブーストした電圧ではなくバッテリー電圧を利用する電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0029】本発明の他の目的とは、噴射イベントの希望時間前に、インジェクション・コントロール・バルブに対して、バッテリー電圧で、事前バイパス電流を提供してから、開放の希望時間に同じ電圧で上昇した開放電流を提供することにより、ブーストしたソレノイド開放電圧に対するニーズを排除する、電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0030】本発明の他の目的とは、エンジン始動中に、エンジンのアンギュラー・ポジション・インジケータ（角度位置指示器）の最初の出力前に、最初の回転で高圧燃料アクチュエーターの始動と圧を行うための制御システムおよび方法を提供することである。

【0031】本発明の他の目的とは、エンジンのアンギュラー・ポジション・センサーが、ポンプのタイミングを合わせた制御を可能にするために、エンジンのアンギュラー・ポジションの正確な表示を提供するまで、エンジンの初期回転（複数の場合がある）の間、一連のポンプ制御信号を作成する、高圧燃料アクチュエーターの始動と圧を行うための制御システムおよび方法を提供することである。

【0032】本発明の他の目的とは、噴射イベントと関連して高圧アクチュエーター内の圧力の変動（ばらつき）をモニターし、圧力の変動に基づいてポンプの故障や弱点を検出するための改善された制御システムおよび方法を提供することである。

【0033】本発明の他のさらに具体的な目的とは、負荷を適用する必要があるという入力指示に対する予測応答を提供する、車両以外の応用例でのエンジンのイベントをベースにした制御を行うための改良された電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0034】本発明の他のさらに具体的な目的とは、高い負荷レベルが提供されていることを示す信号を受信すると、ただちにエンジン・パワーを上昇させる、イベン

11

トをベースにしたエンジンの制御を行うための改良された電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0035】本発明の他の目的とは、エンジン・パワーが、予測されていない負荷を適用した結果生じるエンジン動作における変化に応答するのではなく、負荷レベルの上昇と同期して上がるように、負荷を適用すべきときに、エンジン・パワーを上昇させるために、負荷適用制御信号をモニターし、燃料供給レベルを変更する、イベ

ントをベースにしたエンジンの制御を行うための、改良された電子制御システムおよび方法を提供することである。

【0036】本発明の他の目的とは、エンジンの大幅で、費用がかかる再設計を必要としなくても、圧縮点火タイプの既存のエンジン設計を改裝するために設計された、高性能、高圧燃料装置用の制御システムを提供することである。特に、本発明は、燃料圧力が非常に高いレベルに上げられても、寄生損害を最小限に抑えることにより、エンジンの効率も改善しつつ、前記の特徴を持つ燃料装置と動作する制御システムを提供する。

【0037】本発明の他の目的とは、噴射量とタイミングに対する正確な制御、冗長な危険防止電子構成部品、および従来の技術によるシステムとの競争という点で、全体的なコストを削減してエンジン効率の向上を提供しつつ、以前から存在するエンジン設計に対する影響を最小限にとどめる結果となる、内燃機関用高度統合型燃料制御システムを提供することである。

【0038】本発明の他の目的とは、各ポンプ・チェンバー内で動作する関連ポンプ・プランジャーの有効排出口量を制御するために、ポンプ・チェンバーに数に対応する、複数のポンプ・チェンバーおよび複数のソレノイドで動作するポンプ・コントロール・バルブを備えた、ポンプ・ハウジングを具備する、燃料ポンプ・アセンブリ用制御システムを提供することである。この装置により、燃料ポンプ・アキュムレータ内の燃料の圧力を表す圧力信号は、プランジャーの有効排出口量を調整し、アキュムレータ内の燃料の圧力を事前に決定した圧力レベルに等しくするために、ソレノイドで動作するポンプ・コントロール・バルブを制御する目的で、制御システムにより使用される。

【0039】本発明の他の目的とは、非常に高い噴射圧力、例えば、5,000-30,000 psi、で例えば16,000-22,000 psiを達成し、変化するエンジンの状況に呼応して量とタイミングを正確に制御することができ、圧縮点火エンジン用の電子制御システムを提供することである。

【0040】本発明の他の目的とは、ポンプ、ディストリビューター、およびアキュムレーターの組み合わせを特徴とする燃料ポンプ・アセンブリ用の電子制御システムを提供することである。

【0041】本発明の他の目的とは、アキュムレータ

12

に供給するポンプに結び付いた一対のポンプ・コントロール・バルブを制御するためのデジタル式電子燃料供給制御システムを提供し、ポンプ要素が負荷を共有し、希望の燃料圧力を維持するように、ポンプ要素の排出量を制御することである。第1インジェクション・コントロール・バルブは、各シリンダーの噴射の事前噴射部分を制御するために提供され、第1インジェクション・コントロール・バルブと結び付いた第2インジェクション・コントロール・バルブは、各シリンダーの噴射の主要噴射部分を制御するために提供される。また、電子制御システムは、コントロール・バルブの一つ（ポンプまたはインジェクション）が使用不可状態になった場合に、バックアップ・バルブに引き継がせる。

【0042】本発明の他の目的とは、フュエル・ディストリビューター・ローター内の軸流供給通路を高圧燃料アキュムレータと接続するために通電されたときに動作可能であり、ディストリビューター・ローター内の軸流供給通路を低圧排水管（ドレイン）と接続させるために、通電停止されたときに動作可能である、スリーウェイ（三方）・バルブを備えた新規燃料装置用の電子制御システムを提供することである。

【0043】本発明の他の目的とは、ノズル・アセンブリにおける圧力の上昇を制御することにより、噴射イベントの初期部分の間に噴射される燃料の量を制御するための噴射率（rate）形成（整形）機能付き電子デジタル制御システムを提供することである。

【0044】当業者は、本明細書の発明の詳細な開示に関連した図面を検討することにより、本発明のさらなる目的を理解するであろう。

【0045】  
【課題を解決するための手段】本発明の目的は、エンジンおよび燃料装置（システム）の動作のモニターおよび制御を行う、エンジンの燃料装置と一体化した電子デジタル制御システムを提供することにより、実施例において達成されている。制御システムは、デジタルおよびアナログの構成部品を組み合わせることににより実現され、燃料のタイミングと量を計算するために利用されるマイクロプロセッサを具備する。複数のシリンダーに対する噴射を起動するための信号は、1個のインジェクター電磁弁用の駆動回路への1本の回線を經由して送信される。また、制御システムは、燃料と圧ポンプの制御などの燃料装置に関係したその他の機能も実行する。

【0046】また、実施例は、各噴射イベント中に可変燃料供給率を提供し、噴射イベントの初期段階の間に噴射される燃料の量を減少させることにより、ディーゼル燃料燃焼プロセスにより生成されるエミッションのレベルを削減する。逆EMF（逆起電力）センサは、開放時間の遅延を正確に判断し、経時的なこれらの遅延の変動（ばらつき）を自動的に補償するために、インジェクター・ソレノイドまたはポンプ・コントロール・ソレ



イド、あるいはその両方に提供される。さらに、各シリンダーに固有の変位プログラム済み遅延が、それぞれのシリンダーの燃料供給と同期して、インジェクション・ソレノイド起動回路に送信される出力信号パルスに提供される。これらの遅延は、燃料が希望の時間に各シリンダーに到達するように、ディストリビューターと個々のシリンダーのインジェクター・ノズルの間の变化するフェーズ・ライン長を補償し、その利用を可能にする。

【0047】始動時には、エンジンのアンギュラー・ポジション・センサーが、ポンプを正確なタイミングに合わせて制御できるように、エンジンのアンギュラー・ポジションの正確な表示を提供するまで、事前に決定した間隔およびデューティサイクルで、一連のポンプ制御信号を作成し、エンジンの初期回転（複数の場合がある）中にポンピング（ポンプ送給）・コントロール・ソレノイドを起動する。高圧アキュムレーター内の圧力の変動（ばらつき）は、噴射イベントに関して制御システムによりモニターされ、ポンプ装置の故障または弱点は、圧力の変動（ばらつき）に基づいて検出される。

【0048】本発明の他の実施例においては、バッテリー電圧での事前バイパス電流が、噴射イベントの希望時間前に、インジェクション・コントロール・バルブに提供される。次に、同じ電圧の上昇した開放電流が希望の開放時間に提供され、これによって、ブースト回路が大きなソレノイド開放電圧を提供するニーズが排除される一方、信号を制御するためのソレノイドの正確な制御と素早い反応が提供される。

【0049】エンジンが車両の原動力のために使用されない本発明の実施例においては、電子制御システムは、エンジン・パワーが、予期されない負荷適用の結果生じるパワー・ドレインに反応してではなく、負荷レベルの上昇と関係して同期的に上昇するように、負荷を適用する必要がある場合にエンジン・パワーを上昇させるために、負荷適用制御信号をモニターし、燃料供給レベルを変更する。

【0050】本発明の制御システムは、高圧アキュムレーター内で希望の圧力範囲を維持するためにマルチ・チェンバー高圧ポンプを統合的に制御するだけでなく、単一のソレノイド制御出力によって全シリンダーのための噴射信号を送信することによりインジェクション・ソレノイドを制御することにより、多数の明白ではない利点を提供する。

【0051】第1に、この制御システムは、電子制御装置または新規燃料装置構成装置のどちらかを、他方が存在しない場合に、提供することによって完全に実現できないかなりの利点を達成するために、前に説明した新規エンジン燃料供給構成部品装置と共働して動作する。他の燃料供給装置のオプションには、エンジン・ブロックまたはエンジンのシリンダー・ヘッド、あるいはその

両方の適応を助けるための再設計が必要となるであろうが、前に説明した電子的に制御されたエンジン燃料供給構成部品装置は、エンジン・ブロックの再設計を行わなくても、多くのディーゼル・エンジンおよびそれ以外の内燃機関に取り付けることができる。また、本発明の電子的に制御されたシステムは、有害なエミッションを削減すると同時に、燃料の経済性を改善する。要約すると、エンジン燃料供給構成部品装置設計の完全な操作上の利点は、燃料供給装置により必要とされる制御信号を提供すると同時に、エミッションを削減し、エンジンの性能、経済性、および安全性を改善する精密制御アルゴリズムを実現することにより、システムの動作を強化する電子制御システムなしには、実現不可能である。

【0052】第2に、全シリンダー用のインジェクター制御信号を組み合わせ、これらの制御信号を単一のインジェクター制御出力に提供することにより、エンジン・コンパートメント内での配線の必要性が大幅に縮小される。特に、このシステムは、それぞれがシリンダー・ヘッドにある異なるシリンダー・インジェクター・ノズルにつながる6本以上のワイヤではなく、電子制御システムから単一のインジェクター電磁弁までつながる比較的短い1本のワイヤだけを必要とする。デジタル・コンピュータ制御機能を電磁弁用の電力駆動回路と別個にすることが望ましいケースでは、単一のインジェクター・ソレノイド制御出力を提供することで、デジタル制御装置と電力駆動回路の間の単純な接続パスに依存することが可能になる。このようなパスは、すべてのポンプ機能および噴射機能のタイミングを制御するために、単純なバイナリ制御信号を利用することもできるし、最低でも3本または4本のワイヤを利用することもできる。対照的に、従来の技術による電子制御モジュールによるこのような制御パスは、個々のシリンダー・インジェクター・ソレノイドを制御するだけでも8本以上の制御回路線、アキュムレーター圧力を制御するにはさらに補助的な回路線が必要とされるであろう。エンジン・コンパートメント内のワイヤの数およびワイヤの長さを最小限に抑えることにより、コストは削減され、ワイヤをじゃまにならないところに設置することにより保守の容易性が高まる。燃料噴射装置のような必須システムの場合では、システム内の配線量の削減は、これらの必須接続部分が熱による損傷、エンジン動作中の機械的な損傷、およびエンジン保守中の損傷を経験する可能性を最小限に抑えることにより信頼性を高める。また、ワイヤの本数を最小限に抑えると、電磁妨害雑音の生成と受容の両方が減るため、制御回路内でのシールドとEMFフィルター処理に対するニーズ（必要性）が減少する。以上のすべての理由から、本発明の制御システムによって達成されるワイヤの本数の削減は、きわめて優位である。

【0053】第3に、本発明の制御回路は、複数のソレノイド制御出力を有する従来の技術の回路と比較して、

より正確な噴射タイミングと燃料供給率を提供するために、さらに容易かつ効果的に適応できる。本発明の回路には、電流の流れをモニターしなければならないインジェクター・ソレノイド出力が1つしかないため、この有利な結果が得られる。従来の技術においては、複数のインジェクター・ソレノイドに流れる電流を感知するためには、複数の逆EMF感知回路の提供、あるいは単独回路を可能にするインタフェース回路の提供のどちらかが必要となったであろう。本発明の制御システムは、燃料ポンプ・ソレノイドの組み合わせられた制御を行い、そのインジェクター・ソレノイド信号のすべてを単一出力、そこから、単一インジェクター・ソレノイドに送信することにより、複数のワイヤと、逆EMFセンサーをソレノイドに接続する切り替え装置に対するニーズを排除する。このようにして、この電子制御システムは、感知動作との電磁フィールド・タイプ、およびインタフェース回路タイプの干渉の両方を最小限に抑える。さらに、この設計により、バルブが正確な希望時間で開くように、結果的に指定のインジェクション・バルブを開くために必要となる時間期間と電圧における変動(ばらつき)を生み出す、製造上の変動(ばらつき)および摩擦がさらに容易かつ動的に補償できるようになる。1つのバルブだけを感知しなければならず、このバルブは絶えず全シリンダーに対する噴射を制御するために利用されるため、感知アルゴリズムは、エンジン動作中のバルブ応答時間の変化をさらに迅速に検出できる。システムは、複数の異なるバルブでのさまざまな変動(ばらつき)を補償しようとするのではなく、出力信号に対するバルブ応答を記述する1つのデータ・セットを格納(記憶)し、分析することできる。

【0054】第4に、本発明の制御回路は、複数のソレノイド制御出力を有する従来の回路と比較して、燃料噴射率(レート: rate)形成のために、さらに容易かつ効果的に適応できる。本発明の回路にはインジェクター・ソレノイド制御装置が1つしかないため、この有利な結果が得られる。したがって、バルブ応答の正確な予測および複数のシリンダーでの応答の均一性を必要とするレート形成動作は、バルブ制御信号回路を1つだけ起動しなければならない場合に、さらに正確に達成できる。さまざまな信号回路の応答での変動(ばらつき)、および複数のソレノイドの応答での変動は、本発明の構成により排除される。本発明の制御システムは、燃料ポンプ・ソレノイドの組み合わせられた制御を行い、そのインジェクター・ソレノイド信号の全てを単一出力に、さらにそこから単一インジェクター・ソレノイドに送信することにより、複数のワイヤと、ソレノイドにレート形成コマンドを送信する切り替え装置に対するニーズ(必要性)を排除する。このようにして、電子制御システムは、精密ソレノイド・バルス動作との、電磁界タイプおよびインタフェース回路タイプの干渉の両方を最小限に、

抑える。さらに、前記のように、この設計により、結果的に逆EMFテクニックを使用するインジェクション・バルブを開くのに必要となる時間期間と電圧での変動(ばらつき)を生じさせる、製造上の変動(ばらつき)および摩擦が動的に補償できるようになる。逆EMFと率形成テクニックの組み合わせは、従来の技術による複数のバルブ制御システムでは容易に達成できなかったであろう。燃料噴射における精度および反復性のレベルを達成するために、本発明を利用して適用できる。特に、システムは、複数の異なるバルブ内でのさまざまな変動を補償しようとするのではなく、出力信号に対するバルブ応答を記述する1つのデータ・セットを格納(記憶)し、分析することができ、この情報を、希望のレート形成機能を実行するために単一バルブの応答で利用することができる。

【0055】このようにして、本明細書に開示される電子制御システムは、エンジン動作、燃料の経済性、エミッション、および生産の経済性においてかなりの改善を可能にする。

#### 【0056】

【実施例】図1は、略図形式で、通常は10で示される、本発明により制御されるユニット化された燃料送達アセンブリおよび制御システムを示す。システムは、関連エンジンのフューエル・インジェクターに対する送達のために、高圧燃料を受け取るための高圧アキュムレータ12、低圧供給ポンプ15から低圧燃料を受け取り、高圧燃料をアキュムレータ12に送達するための高圧ポンプ14、およびアキュムレータ12と、それぞれのエンジン・シリンダー(図示されていない)と関連させた各インジェクター・ノズル11との間の定期的な流体工学的上流を提供するためのフューエル・ディストリビューター16を具備する。

【0057】また、アセンブリは、電子制御モジュール(ECM)13から受信される制御信号に呼応して、各エンジン・シリンダーの中に噴射される燃料のタイミングと量を制御するために、アキュムレータ12からディストリビューター16までの燃料供給ラインに沿って配置される1つ以上のインジェクション・コントロール・バルブ20も具備する。また、ポンプ14への燃料供給ラインに沿って配置される少なくとも1つのポンプ・コントロール・バルブ18、19が、アキュムレータ12内で希望の燃料圧力を維持するように、アキュムレータ12に送達される燃料の量を制御するために提供される。圧力センサー22は、アキュムレータ12内の燃料の圧力を測定するために提供される。

【0058】燃料装置の構成部品は、その両方が、本明細書において参照によって取り入れられる、1993年5月6日に提出された、アキュムレータ付きコンパクト高性能燃料装置(Compact High Performance Fuel System With

Accumulator) という題の本願と共に出願中の米国特許出願番号08/057,489における開示、およびできれば米国受領局におけるPCT出願として、1994年5月6日に提出された同じ題名の本願と共に出願中の一部継続出願の開示に従って構築できる。インジェクション・コントロール・バルブ20は、できれば、その両方が、本明細書において参照によって取り入れられる、1993年3月19日に出願された、力均衡スリーウェイ電磁弁 (Force Balanced Three-Way Solenoid Valve) という題の本願と共に出願中の米国特許出願番号08/034,841、または1993年3月31日に出願された、コンパクト・スリーブ内ピン・スリーウェイ・バルブ (Compact Pin-Within-A-Sleeve Three-Way Valve) という題の米国特許出願番号08/041,424に従って構築できる。高圧ポンプ・メカニズム14,18,19は、本明細書において参照によって取り入れられる、1993年5月6日に出願された、燃料噴射装置用可変排出高圧ポンプ (Variable Displacement High Pressure Pump For Fuel Injection System) という題の本願と共に出願中の米国特許出願番号08/057,510の開示に従って構築できる。ディストリビューター16は、できれば、その内容が本明細書において参照によって取り入れられる、1993年9月8日に出願された、高圧燃料噴射装置用ディストリビューター (Distributor For High Pressure Injection System) という題の、本願と共に出願中の米国特許出願番号08/117,897の開示に従って構築される。

【0059】ECM13は、インジェクター・ノズル11に対してディストリビューター16により送達される燃料の量を正確に制御し、それによって、燃料のタイミング、送達、および計量を効果的に制御するために、ポンプ・コントロール・バルブ18,19、およびインジェクション・コントロール・バルブ20の動作を、さまざまなエンジン動作条件に基づいて制御する。ECM13は、噴射制御ライン24を介してインジェクション・コントロール・バルブ20と接続される。噴射制御ライン24により、ECM13は、以下にさらに詳細に説明されるように、インジェクション・コントロール・バルブ20の動作をモニターし、制御できるようになる。また、ECM13は、ポンプ・コントロール・バルブ18と19、および圧力センサー22とも接続される。ECM13は、圧力センサー22を使用してアクチュエーター12内の圧力をモニターし、アクチュエーター12が希望の圧力で燃料を格納していることを確認するために、ポンプ・コントロール・バルブ18と19の動作を制御する。また、本発明のこの機能の動作は、以下によ

り詳細に説明される。

【0060】内燃機関の動作特性を感知するために利用されるECM13の外部接続部も、図1に示されている。ECM13は、入力回線30,32および34を通して外部エンジン・モニター装置に接続される。図1では3本の回線しか図示されていないが、ECM13は適切なエンジン・センサーと接続するためには任意の本数の回線を提供できる。図示されているように、入力回線30は、内燃機関のECM13に対する位置についての情報を提供するエンジン・ポジション・センサーと接続される。例えば、ポジション・センサーは、内燃機関のカムシャフト上に配置され、エンジンのシリンダー番号1がトップデッドセンター (TDC: 上死点) 位置にあることを示す単一電気パルスを提供する。このようにして、エンジンのカムシャフトが1度回転する内に、内燃機関の回転上の位置を正確に判断することができる。言うまでもなく、本発明の目的を達成するには、本発明のエンジン制御システムと、それ以外の位置感知手段を利用することもできる。

【0061】入力回線32は、内燃機関の速度に関する情報をECM13に提供するスピード・センサー33と接続される。例えば、スピード・センサーは、センサーを通過するクランク軸ギヤ上の各歯毎に、単一パルスを生成し、ECM13に送信するホール (Hall) エフェクト・タイプのセンサーとすることができる。例えば、クランク軸ギヤに72本の歯がある場合は、エンジンのクランク軸が完全に一回転するたびに、72個のパルスがECM13に提供される。これらのパルスの間の時間を測定することにより、ECM13は、容易かつ正確に内燃機関の回転速度を判断することができる。言うまでもなく、本発明と他のスピード・センサーを利用することもできる。

【0062】入力回線34は、内燃機関の現在のスロットル位置に関する情報をECM13に提供するスロットル・ポジション・センサー35と接続される。スロットル・ポジション・センサー35は、内燃機関のスロットル位置を検出するために利用されるあらゆる標準的なセンサーとすることができる。

【0063】また、エンジン・ポジション・センサー31およびスピード・センサー33から受け取った情報を利用して、ECM13は、容易かつ正確に任意の時点の内燃機関の回転位置を判断することができる。特に、エンジン・ポジション・センサー31は、エンジンのカムシャフト (カム軸) の一回転毎に予め決定されたエンジン位置の指示を提供する。例えば、エンジン・ポジション・センサー31は、エンジンのシリンダー番号1のトップデッドセンターが発生するたびにパルスを提供する。前記に説明したように、これは、パルス受信時点でのエンジンの正確な回転位置について、ECM13に明確な表示を提供する。さらに、前記に説明したように、

エンジン・スピード・センサー33は、エンジンのクランク軸ギヤ上の歯のそれぞれに連動したパルスを提供する。したがって、クランク軸ギヤ上の歯の数が分かっている場合には、パルスの数をカウントし、それをクランク軸が完全に一回転した場合のパルスの総数と比較することにより、クランク軸ギヤの回転の量を判断することができる。

【0064】図解するために、クランク軸ギヤに72個の歯がある場合、エンジンのクランク軸が回転するたびに、ECM13はスピード・センサーから72個のパルスを受け取るであろう。さらに、エンジンのクランク軸は、エンジンのカムシャフトが1回転(360°)するたびに、2回、完全な回転(720°)を完了するので、内燃機関のカムシャフトが回転するたびに、ECM13はスピード・センサー33から144個のパルスを受け取るであろう。したがって、ECM13は、ポジション・センサー31から位置表示パルスを受け取られた後で、スピード・センサー33から受けられるパルスのカウントを開始することができる。例えば、ECM13が、(シリンダー番号1のTDCを表す)前回のポジション・パルスがポジション・センサー31から受け取られてから、(エンジンのクランク軸ギヤの歯を表す)36個のパルスを受け取ると、ECM13は、内燃機関の位置を数学的に計算することができる。36を144で割ると2.5になるので、エンジンのカムシャフトは、エンジンのシリンダー1のトップデッドセンターを超えて4分の1回転、回転した。同じようにして、エンジンのクランク軸は、カムシャフトが1回転するたびに2回完全に回転するので、36個のパルスは、エンジンのクランク軸が、前回のパルスがポジション・センサー31から受け取られてから2分の1回転を完了したことを示す。

【0065】前記に説明したように、ポジション・センサー31は、内燃機関のカムシャフトに接続され、エンジンの正確な回転位置を示すために、事前に決定した位置で一個のパルスを提供する。製造上および操作上の公差のため、エンジンのクランク軸は、エンジンの回転位置についてより正確な測定値を提供するであろう。ただし、スペースとサイズ上の制約のため、エンジンのクランク軸上にもう一つのポジション・センサーを配置することは、不可能、あるいは望ましくない。したがって、以上の問題点を克服するために、ポジション・センサー31は、エンジンのカムシャフトと接続し、パルスが既知の事前に決定したエンジン位置を表す、スピード・センサー33からのパルスの直前のある時間に一個パルスを提供するように設計することができる。したがって、ECM13は、ポジション・センサー31からパルスを受け取ると、スピード・センサー33から次に受け取るパルスが、シリンダー番号1のTDCなどの、エンジンが事前に決定した位置にあるときに発生することを理解し

ている。これにより、制御システムは、クランク軸上またはクランク軸ギヤ自体に別のセンサーを提供しなくても、エンジンのクランク軸から行えるより正確な位置測定を利用することができる。

【0066】前記の例から、当業者にとっては、内燃機関の正確な回転位置が、前記に説明したエンジン・ポジション・センサー31およびスピード・センサー33から単純に判断できることは明かであろう。さらに、これらの2つのセンサーを使ってエンジンの位置および速度を判断するそれ以外の方法も、当業者にとっては明かであろう。

【0067】圧力センサー22を利用してアクチュエーター12内の圧力をモニターし、アクチュエーター12が適切な圧力で燃料を格納していることを確認するために、ポンプ・コントロール・バルブ18および19の動作を制御する上でECM13の動作は、ここに詳細に説明される。まず、図1を参照すると、高圧ポンプ14は、ポンプ・コントロール・バルブ18および19を通して低圧供給ポンプ15から燃料を受け取ることが分かる。

【0068】一般的に、ポンプ・コントロール・バルブ18および19は、低圧供給ポンプ15からの燃料が、各ポンプ14の下り行程(ダウンストローク)の間に送達できるように、開放状態のままとなる。各ポンプ14の圧縮行程の間、ポンプ・コントロール・バルブ18および19が開放状態にあるので、燃料は低圧供給ポンプ15または排水管(図示されていない)に押し戻され、燃料タンクに戻される。ただし、与圧済みの追加燃料をアクチュエーター12に供給することが望まれる場合は、ポンプ・コントロール・バルブ18または19は、それぞれの高圧ポンプ14の圧縮行程の間、閉じられるであろう。ポンプ・コントロール・バルブ18または19が閉じられていると、圧力は、アクチュエーター内の圧力を圧縮するほど大きく、それによりそれぞれのチェック・バルブ38を開放するまで、高圧ポンプ14のチェンバー内で蓄積する。高圧ポンプ14が燃料の与圧を続けるに従って、燃料はチェック・バルブ38を通過し、高圧アクチュエーター12の中に入る。

【0069】ポンプ14により生成されるきわめて高い圧力のため、ポンプ・コントロール・バルブ18および19は、ECM13からの制御信号がもはや存在しなくても、閉じられたままとなるであろう。コントロール・バルブ18および19がこのような状態のため、対応する高圧ポンプ14のチェンバーからの圧力は、バルブに閉じたままでいるように命令する制御信号が存在しなくても、バルブを閉鎖位置に保持するであろう。本発明のもっとも望ましい実施例においては、ポンプ・コントロール・バルブ18および19に、高価な高圧バルブを使用する必要はない。代わりに、ECM13からの制御信号が存在しないにも関わらず、高圧ポンプ14により生

21

成される圧力が原因で閉じたままとなる、さらに安価なソレノイド作動式バルブを使用することができる。これにより、本発明では、ECM13が、ポンプ動作イベントの希望始動時間の計算、ポンプ動作イベントの始動命令、およびその他のタスクの処理の続行を行えるようにするというそれ以上の利点が得られる。ポンプ動作イベントは、高圧ポンプ14がその下方への移動を開始し、それによりポンプ・コントロール・バルブ18および19から圧力を解放するときに、自動的に終了するため、ECM13がポンプ動作イベントの終わりを明確に表示する必要はない。

【0070】したがって、本発明の制御システムにより利用されるソフトウェアと関連して、以下にさらに詳細に説明するように、ECM13は、単に、高圧ポンプ14の圧縮行程のどの時点において適切な（対応する）ポンプ・コントロール・バルブ18または19を閉じるべきかを判断する必要がある。この判断を容易にするために、ECM13は、圧力センサー22を利用してアキュムレーター12内の圧力をモニターする。圧力センサー22からの圧力信号の分析により、追加の与圧燃料をアキュムレーター12に加える必要があることが示された場合には、ECM13は、高圧ポンプ14の圧縮行程のどの時点において、各ポンプ・コントロール・バルブ18または19が閉じられるべきかを計算する。それから、ECM13は、適切な量の与圧済み燃料アキュムレーター12に加えられることを確認するために、適切なタイミング信号を作成する。

【0071】前記に説明したように、いったんECM13がポンプ・コントロール・バルブ18または19を閉じると、高圧ポンプ14により生成される圧力は、ポンプ動作イベントの終わりで、ポンプ・コントロール・バルブ18または19を閉じられたままにしておくであろう。これにより、ECM13は、ポンプ動作イベントの自動終了を設立することができる。ただし、ECM13がポンプ・コントロール・バルブ18または19に制御信号を発行する場合、この信号の期間は、高圧ポンプ14により生成される圧力が、ポンプ・コントロール・バルブ18または19を閉じたままに保持するほど十分であることを保障できる長さでなければならない。本発明のそれほど望ましくない実施例においては、ECM13は、固定時間期間の信号を作成し、ポンプ・コントロール・バルブ18または19を制御するためにその固定時間信号を利用する。ただし、高圧ポンプ14は機械的に内燃機関と連結されているため、ポンプ14の速度は、エンジンの速度に応じて変化する。この結果、ポンプ14のチェンバー内で圧力が生まれ、エンジンの速度に伴い変化する。したがって、不必要に長い固定時間は、内燃機関が低速度で動作しているときに、ポンプ・コントロール・バルブ18および19を閉じたままに保持するために、十分な圧力が高圧ポンプ14により生成

22

されることを確実とする目的で、ECM13により利用されなければならない。ただし、内燃機関が高い毎分回転数（rpm）で動作しているときには、この固定期間信号は不必要である。

【0072】したがって、本発明のもっとも望ましい実施例においては、ECM13は、内燃機関の回転上の位置に關係する期間の、ポンプ・コントロール・バルブ18および19に対する制御信号を作成する。例えば、ECM13は、例えば、エンジンのクランク軸の回転の40°に必要な時間にはほぼ等しい期間の制御信号を、バルブ18または19に対して生成する。ポンプ14は、クランク軸の回転の40°が、エンジンの回転速度に關係なく発生するのに必要な時間の間に、ポンプ・チェンバー内で実質上同じ圧力を生成するのである。このようにして、ECM13は、エンジン速度に關係なくポンプ・コントロール・バルブ18および19を閉じたままにしておくために、高圧ポンプ14により十分な圧力が作られることを確実とするのに必要な最低期間の制御信号を、ポンプ・コントロール・バルブ18および19に対して生成することができる。

【0073】ECM13は、また、アキュムレーター12の与圧を促進する目的で、エンジンの起動中に、ユニークな方法でポンプ・コントロール・バルブ18および19を動作する。この動作は、エンジン・ポジション・センサーの動作に關係して、以下により詳細に説明する。

【0074】本発明の制御システムのブロック図は、図2に示されている。この図で分かるように、本発明のもっとも望ましい実施例における制御システムは、コネクター200を通して接続される、デジタル制御部分23およびドライバ部分234を具備する。デジタル制御部分23およびドライバ部分234は、それぞれの構成部品間の電磁的干渉（EMI）を回避するために、分離すべきであると考えられている。ただし、EMIの問題点を排除、あるいは削減できるならば、スペースに關する考慮から、この2つの部分を1つの統合されたユニットに組み合わせることになる可能性がある。

【0075】また、コネクター200を通してドライバ部分234に接続されるのは、バッテリー228の正と負の端子、および車両キー・スイッチ表示236である。バッテリー端子を提供することで、ドライバ部分234に電力が提供され、端子は、燃料装置の燃料供給要素およびポンプ送り（ポンピング）要素の動作を制御するためにドライバ部分234によって利用される。さらに、キー・スイッチ表示236は、車両スイッチが起動され、これによって、車両スイッチはOFFの位置にある場合に燃料供給回路またはポンピング回路の誤った動作を防ぐための危険防止メカニズム（フールセーフ）が提供されることを示す。

【0076】デジタル部分232は、モトローラ社（M

otorola)により商業的に製造されている68333または68332とすることができ、マイクロプロセッサ230を具備する。また、デジタル部分232は、マイクロプロセッサ230の動作のために、それぞれの支援集積回路(図示されていない)も具備する。さらに、マイクロプロセッサ230の動作に望ましいならば、デジタル部分230は、追加の記憶装置または診断回路も具備する。

【0077】一般的には、コネクタ200を経由したデジタル部分232とドライバー部分234の間のインタフェースは、本発明において、特に単純である。これは、燃料装置の設計、特に単一のインジェクション・ソレノイドを利用した結果である。本発明のもっとも望ましい実施例においては、デジタル部分232は、ポンプ・コマンド信号、ポンプ選択信号、および噴射コマンド信号をドライバー部分234に提供する。ポンプ選択信号は、ドライバー回路に、アキュムレータ12を与圧するためにポンプ動作イベントで利用される、指定の高圧ポンプ14を選択するように命令する。ポンプ・コマンド信号は、ドライバー回路に、選択されたポンプ14に結び付いたポンプ・コントロール・ソレノイド・バルブ18または19を閉じるように命令し、それによってポンプ動作イベントを起動する。噴射コマンド信号は、ドライバー回路に、インジェクション・コントロール・バルブ20を開放するように命令し、それにより、高圧アキュムレータから、ディストリビューター16により選択された適切な(対応する)エンジン・シリンダーに燃料を供給する。

【0078】前記から、本発明の制御システムが、デジタル部分とドライバー部分の間に単純なインタフェースを備えていることは明かである。この分権は、2つの部分の間のEMIを回避するために望ましい、あるいは必要であるため、本発明で必要となる相互接続部分の数を削減することは、実質上、本発明の制御システムのコストおよび複雑さを低減することになるであろう。

【0079】図2から、ドライバー部分234が、インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路238、高圧ブースト生成回路240、キー・スイッチ処理回路242、およびポンプ・ソレノイド・ドライバー回路244を具備することが分かる。一般的には、バッテリー端子が、高圧ブースト生成回路240、およびキー・スイッチ処理回路242に提供されるであろう。高圧ブースト生成回路240は、インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路238および(必要な場合には)ポンプ・ソレノイド・ドライバー回路244に供給されるブースト電圧出力246を生成するために、バッテリー電圧を利用する。本発明にはインジェクション・ソレノイドは1つしか備えられていないため、複数のブースト回路または複雑なハイパワー切り替え装置を、複数のインジェク

する必要はない。これにより、本発明のコストおよび複雑さは、大幅に削減される。キー・スイッチ処理回路242は、インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路238およびポンプ・ソレノイド・ドライバー回路244内の回路に電力を供給するために利用される、ゲート電圧出力248上で提供されるゲート電圧を作成するために、バッテリー電圧を利用する。このようにして、キー・スイッチ処理回路242が、有効なキー・スイッチ表示236に呼応して、ゲート電圧出力248上で提供される適切なゲート電圧を生成しない限り、インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路238およびポンプ・ソレノイド・ドライバー回路244は動作しないであろう。したがって、キー・スイッチ処理回路242は、制御システムの誤った動作を防ぐための危険防止回路として動作する。

【0080】インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路238は、1本の噴射コマンド信号回路を通してマイクロプロセッサ230に接続される。ポンプ・ソレノイド・ドライバー回路244は、ポンプ選択信号回路およびポンプ・コマンド信号回路を通して、マイクロプロセッサ230に接続される。これらの3つの回路は、インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路238およびポンプ・ソレノイド・ドライバー回路244の動作を制御するために信号を提供する。

【0081】インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路238は、インジェクション・ソレノイド制御装置202、ハイ・サイド・ドライバー回路204、電流感知回路206、およびロー・サイド・ドライバー回路208を具備する。インジェクション・ソレノイド制御装置202は、噴射コマンド信号を受け取るために、コネクタ200を通して噴射コマンド信号回路と、高電圧制御信号のインジェクション・ソレノイド・バルブ20に対する適用を制御するために、ブースト・ドライバー回路205と、インジェクション・ソレノイド・バルブ20に供給されている電流の値の表示を受け取るために、電流感知回路206と、噴射コマンドを受け取るために、ロー・サイド・ドライバー回路208と接続する。ハイ・サイド・ドライバー回路204およびロー・サイド・ドライバー回路208は、ソレノイド電流の感知を可能とするために、インジェクション・ソレノイド・バルブ20および電流感知回路206に接続する。

【0082】高圧ブースト生成回路240は、高電圧生成回路212およびブースト電圧出力246を具備する。高電圧生成回路212は、コネクタ200を通してバッテリー228からバッテリー電圧を受け取り、ブースト電圧出力246上で提供される高電圧ブースト信号を作成する。通常、このブースト電圧は、100Vdcから250Vdcの範囲にあり、150Vdcから200Vdcの範囲にあるのが望ましい。高電圧ブースト生成回路240により生成されるブースト電圧は、インジェ

クション・ソレノイド・バルブを動作する際に使用する  
ために、インジェクション・ソレノイド・ドライバー回  
路 238 に提供される。

【0083】ポンプ・ソレノイド・ドライバー回路 24  
4 は、ポンプ・ソレノイド制御装置 216、ハイ・サイ  
ド・ドライバー回路 218、電流感知回路 220、およ  
びロー・サイド・ドライバー回路 222 を具備する。ポン  
プ・ソレノイド制御装置 216 は、ポンプ・コマンド  
信号を受け取るために、コネクター 200 を通してポン  
プ・コマンド信号回路と、ポンプ・コントロール・バル  
ブ 18/19 に対する電圧制御信号の適用を制御するた  
めに、ハイ・サイド・ドライバー回路 218 と、ポン  
プ・ソレノイド・コントロール・バルブ 18/19 に供給  
されている電流の値の表示を受け取るために、電流感知  
回路 220 と、ポンプ・コマンドを受け取るために、ロ  
ー・サイド・ドライバー・回路 222 と接続する。ハイ  
・サイド・ドライバー回路 218 およびロー・サイド・  
駆動回路 222 は、ソレノイド電流の感知を可能とする  
ために、ポンプ・ソレノイド・コントロール・バルブ 1  
8/19 および電流感知回路 220 に接続する。

【0084】次に、図 3-6 を参照すると、制御回路を  
実現するために利用できる回路の電気概要図が示さ  
れている。具体的には、図 3 は、インジェクション・ソ  
レノイド・ドライバー回路 238 を実現するために利用  
可能な回路を図解する。図 4 は、高電圧ブースト生成回  
路 240 を実現するために利用可能な回路を図解する。  
図 5 は、キー・スイッチ処理回路 242 を実現するた  
めに利用可能な回路を図解する。図 6 は、ポンプ・ソ  
レノイド・ドライバー回路 244 を実現するために利用可  
能な回路を図解する。明確さを保つために、図 2 で使用さ  
れる同じ参照番号が図 3-6 でも使用される。

【0085】まず、図 3 を参照すると、インジェク  
ション・ソレノイド・ドライバー回路 238 が図示されて  
いる。インジェクション・ソレノイド・ドライバー回路 2  
38 は、インジェクション・コントロール・バルブ 20  
を動作させるために必要な電気信号を提供する役割を果  
たす。これらの電気制御信号は、高電圧ブースト信号、  
高電流ソレノイド引き込み信号、および低電流ソレノ  
イド保持信号を具備する。通常、高電圧ブースト信号は、  
(立ち上がり縁のみの場合) 約 100 マイクロ秒の期間  
の 150-200 ボルト・パルスから構成される。この  
ようなブースト信号が適用されてから、高電流引き込み  
信号が約 500 マイクロ秒適用される。最後に、通常は  
12 ボルトのバッテリ電圧により生成される、低電流保  
持信号が、インジェクション・ソレノイド・バルブ 20  
を開放位置に維持するために、噴射イベントの間適用さ  
れる。図から分かるように、インジェクション・ソレ  
ノイド制御装置 202 は、集積回路ソレノイド制御装置を  
具備する。この集積回路制御装置は、前記に説明したよ  
うに、駆動信号の作成および適用を実行するようにプロ

グラムされているアプリケーション指定集積回路 (A S  
IC: 特定用途向け IC) である。さらに、制御装置 2  
02 は、例えば、引き込み電圧適用の間、18-22 ア  
ンペアの事前に決定した電流範囲を、保持電流の適用の  
間、9-11 アンペアを維持するために、インジェク  
ション・ソレノイドを通る電流をモニターし、インジェク  
ター・ソレノイドに対するパルス幅変調駆動信号を提供  
する、電流センサーを具備する。ハイ・サイド・ドライ  
バー回路 204、電流感知回路 206、およびロー・サイ  
ド・ドライバー回路 208 を含む、図 3 の残りの部分  
は、検査時に当業者により容易に理解される。

【0086】図 4 を参照すると、コネクター 200 お  
よびブースト電圧出力 246 が示されている。図 4 の残り  
の部分は、高電圧生成回路 212 を構成し、当業者によ  
り容易に理解される。同じように、図 5 を参照すると、  
コネクター 200 およびゲート電圧出力 248 が示さ  
れ、図 5 の残りの部分はキー・スイッチ処理回路 214 を  
構成し、当業者により容易に理解される。図 6 では、ポ  
ンプ・ソレノイド制御装置 216、ハイ・サイド・ドラ  
イバー回路 218、電流感知回路 220、およびロー・  
サイド・ドライバー回路 222 が示される。ポンプ・ソ  
レノイド制御装置 216 は、インジェクター・ソレノ  
イド・ドライバーに関して、ソレノイド電流を規定範囲  
内に維持するために、電流感知動作およびパルス幅変調  
を含む、前記に説明された動作に類似した動作をする A S  
IC を具備する。ただし、ポンプ・コントロール・バル  
ブの動作に関しては、ブースト・ドライバー回路は必要  
とされていない。

【0087】次に、ECM 13 で利用され、エンジン制  
御機能を実行するためにデジタル部分 232 の中に搭載  
されるソフトウェアが詳細に説明される。ECM 13  
が、モトローラ社が販売している 68331 または 68  
332 などのマイクロプロセッサを具備することを認識  
することが重要である。このマイクロプロセッサは、内  
燃機関、または内燃機関が取り付けられる車両や装置の  
動作に関係する多岐に渡るコンピュータ関連機能を実行  
することができる。例えば、マイクロプロセッサは、エ  
ンジンの燃料供給の制御に加えて、車両診断試験、また  
はドライバーあるいはそれ以外の遠隔地への車両性能に  
関する情報の転送、あるいはその両方を実行することが  
できる。

【0088】ただし、内燃機関の燃料供給には、適切に  
エンジン燃料供給手順を実行する目的で実行される正確  
なタイミング動作が必要となる。したがって、この複数  
の動作を実行する目的で、本発明のマイクロプロセッサ  
は、エンジン燃料供給動作に対して割り込み駆動され  
る。(ポジション・センサー 31 からの位置パルス及  
び、スピード・センサー 33 の速度パルスが起ること  
に発生する) 割り込みが発生するたびに、ECM 13  
は、エンジン燃料供給およびアクチュエーター与圧を行

うための一連のアルゴリズムを実行する。マイクロプロセッサを割り込み駆動型とすることで、正確なエンジン燃料制御を達成しつつも、車両で必要となるマイクロプロセッサやそれ以外の制御装置の数を削減することができる。

【0089】さらに、68331マイクロプロセッサは本明細書で説明され、ソフトウェア付録(SOFTWARE APPENDIX: 添付の参考資料)で規定されるプログラムは、68331プロセッサ上で動作するように設計されているが、本発明の商業的な実現では、68332または類似物のようなマイクロプロセッサの利用がかなり望ましいであろう。68332プロセッサは、68331プロセッサよりさらに先進的なタイミング動作をサポートするために、好まれる。具体的には、68332プロセッサは時間処理装置、つまりTPUを具備するが、68331は汎用タイマー、つまりGPTしか具備していない。燃料噴射およびポンプ動作イベントの制御には、TPUの方がより適している、きわめて正確なタイミング制御が必要となるため、68332プロセッサが好ましい。添付の説明および68331マイクロプロセッサ用に規定されたプログラムにより、当業者は、本発明の概念を68332またはそれ以外のプロセッサに適合できるであろう。

【0090】本明細書で説明し、ソフトウェア付録で図解する燃料制御システムのこの実現では、GPTを搭載する68331プロセッサが利用されている。68331プロセッサのGPTは、単に、事前に決定した速度で発生するタイミング・パルスをカウントするために動作する。例えば、GPTは、10ミリ秒毎に発生するパルスをカウントするようにプログラムできる。このようにして、GPTは、2つのイベント間のGPT内の差異を計算することにより、イベント間の時間を判断したり、当業者が熟知する68331プロセッサの出力コンパレータ動作を活用することにより、事前に決定した時間でイベントを起動するために、利用できる。

【0091】本発明の制御システムを実現するために利用されるソフトウェアは、ここで詳細に説明される。図7は、本発明で利用されるソフトウェア制御アルゴリズムの階層関係を図解するブロック図である。前記にあるように、本発明の燃料供給制御システムはおもに割り込み駆動型である。主要な割り込み処理ルーチンは、エンジン速度処理(ESP)ルーチン300である。このルーチンは、内燃機関のスピード・センサー33およびポジション・センサー31により生成されるすべての割り込みを処理する。ESPアルゴリズム300のコードは、ソフトウェア付録のA部(Part A)に規定される。また、ソフトウェア付録内のソフトウェア・アルゴリズムのすべてに使用される変数の定義は、付録第1部(Part 1)に規定される。

【0092】ESPアルゴリズムにより実行される3つ

のサブルーチン、つまりサブアルゴリズムがある。アクチュエータ・圧力センサー・サンプリング(PSS)アルゴリズム302は、アクチュエータ12内の燃料圧力を制御するために利用されるエンジン速度同期活動のすべてを実行する。PSSアルゴリズムは、ESPアルゴリズムと一体化しており、A部のESPアルゴリズムとともにソフトウェア付録に規定される。アクチュエータ・圧力設定点(PSP)アルゴリズム304、およびアクチュエータ・圧力制御(PCR)アルゴリズム306は、この圧力処理の間にPSSアルゴリズム302により利用される。PSPアルゴリズムおよびPCRアルゴリズムのソース・コードは、ソフトウェア付録内にそれぞれB部(Part B)とC部(Part C)として規定される。

【0093】位置処理アルゴリズム308は、現在、ESPルーチン300の一部として実現されている(ソフトウェア付録、A部)。位置処理アルゴリズム308の機能は、ポジション・センサー301により生成される割り込みの特殊処理を行うことである。

【0094】速度処理アルゴリズム310も、現在はESPルーチン300の一部として実現されている(ソフトウェア付録、A部)。速度処理アルゴリズム310は、スピード・センサー33により生成される割り込みのために処理サポートを提供する。速度処理アルゴリズムは、エンジンのクランク軸回転の約1°から50°までである可能性がある、スピード・センサー33により割り込みが生成されるたびに1度実行される。したがって、速度処理アルゴリズム310は、それ以上の燃料供給およびポンプ動作制御のすべてのエントリ・ポイントとして動作する。

【0095】エンジン燃料供給装置の制御は、燃料供給コマンド変換(FCA)アルゴリズム312により実行される。このアルゴリズムは、燃料供給イベントが必要であるかどうか、および必要な場合には燃料供給イベントの開始および期間を決定する。オンタイム変換(FON)に従った燃料供給アルゴリズム314は、燃料供給イベントの期間を計算するために、FCAアルゴリズム312により使用される。バルブ・イベント制御(VEC)アルゴリズム316は、エンジン制御システムにより使用される燃料供給バルブに特定の制御信号を提供する。FCA、FONおよび燃料供給VECアルゴリズムのソース・コードは、ソフトウェア付録内にそれぞれD部(Part D)、E部(Part E)、およびF部(Part F)として規定される。

【0096】アクチュエータ・燃料供給ポンプ・システムの制御は、ポンプ・コマンド変換(PCA)アルゴリズム318により実行される。PCAアルゴリズム318は、ポンプ14の適切なバルブ閉鎖角度を計算し、バルブ・イベント制御(VEC)アルゴリズム320を処理するために、この角度を適切なタイマー参照(基準)



に変換する。VECアルゴリズム320は、高圧ポンプ14にアキュムレータ12への燃料を供給させるために、ポンプ・コントロール・バルブ18および19を制御する。燃料供給バルブ制御に使用されるVECアルゴリズム316、およびポンプ・バルブ制御のために使用されるVECアルゴリズム320は、実質上、類似している。ただし、これらのアルゴリズムは、両方とも同時にアクティブであってもよい。2つの別個のソフトウェア・プログラムとして実現される。したがって、PCAアルゴリズムおよびVECポンプ・アルゴリズムのソース・コードは、ソフトウェア付録内にそれぞれG部(Part G)とH部(Part H)として規定される。

【0097】前記アルゴリズムのそれぞれを、ここで詳細に説明する。割り込みを受信すると、燃料装置制御装置は、燃料装置のモニタおよび制御を行うために一連のコンピュータ・ソフトウェア・プログラムを実行する。さまざまなプログラムの詳細な説明は、プログラム動作のフローチャートを描く適切な図に対する参照に關係して、以下に行う。さらに、前記のように、これらのフローチャートにより表されるソフトウェア・プログラムは、マイクロフィッシュ付録に再現されている。

【0098】図8は、本発明で利用されるエンジン速度処理(ESP)アルゴリズムのフローチャートである。処理は、現在処理中の割り込みのソースが決定される図8のブロック400で開始する。前記に説明したように、図7に示されるESPアルゴリズムは、割り込みがエンジン感知システム(つまり、スピード・センサーか、ポジション・センサー)から受け取られるたびに、実行される。図1およびそれに関連した説明を参照すると、割り込みは、ポジション・センサー31またはスピード・センサー33のどちらから発生する。したがって、図8のブロック400は、まず、処理中の電流割り込みが、エンジン・ポジション・センサー31から生じたものか、それともエンジン・スピード・センサー33から生じたものかを判断する。割り込みがエンジン・ポジション・センサー31の結果である場合は、処理は、位置処理アルゴリズムが実行されるブロック404までの経路402に沿って進行する。ブロック404に示される位置処理アルゴリズムは、図9にさらに詳細に示され、この図に関連して以下に説明される。

【0099】位置処理が完了した後、実行はブロック406で続行する。ブロック406では、エンジン速度処理アルゴリズムが、エンジン・スピード・センサー(ESS)診断が起動されたかどうかを確認するためにチェックする。例えば、システムがエンジン・スピード・センサーのエラーまたは障害を検出したと、ESS診断が起動される。診断は、センサーの欠陥を訂正または補償するための特殊処理ルーチン、または保守担当者がルーチン保守検査中に欠陥について通知されるよう

に、単なるエラー表示の提供が含まれる。エラーが一貫して発生する場合、ECM13は、センサーが修復されるまで、容易に欠陥を補償できるであろう。

【0100】ESS診断がアクティブで、スピード・センサーのエラーまたは障害状況を示す場合、速度処理アルゴリズムはブロック408で実行される。これにより、エンジンは、低容量で、あるいはエンジン・スピード・センサーが故障している場合は「リム・ホーム(limp home)」モードで動作できるようになる。制御システムは、エンジン・ポジション・センサーから受け取ったデータに基づいて、エンジン・ポジション・センサーのデータを補完するであろう。その結果、エンジン・スピード・センサーから受け取られる正確なデータの代わりに利用できる近似エンジン速度が得られる。この近似エンジン速度は、その後で燃料供給イベントおよびポンプ(ポンピング)・イベントを制御するために利用できる。速度処理アルゴリズムの詳細な動作は、図10に関連して、以下にさらに詳細に説明する。ESS診断がアクティブではない場合、または速度処理アルゴリズムの完了の後には、制御がブロック410に戻る。

【0101】ブロック410は、本発明で利用されるオプションの制御アルゴリズムを表しているが、燃料制御システムの適切な動作には必要ない。ブロック410では、燃料装置が、エンジン・スピード・センサーのデータを、エンジン・ポジション・センサーのデータに加えて、処理すべきかどうかを判断する。例えば、プログラムがスピード・センサー割り込み信号を待つ必要があるために生じるデータ処理における不必要な遅延を回避するために、プログラムのこの時点でエンジン・スピード・センサーのデータを処理する方が望ましい場合がある。捕捉状態がアクティブではなく、エンジン・スピード・センサー情報を処理する必要がないことを示す場合、制御はブロック412に移動し、エンジン速度処理アルゴリズムは終了する。ただし、ESS捕捉状態がアクティブで、エンジン・スピード・センサーのデータを処理する必要があることを示す場合は、制御はブロック420に移り、速度処理は、以下に詳細に説明されるように、正常に処理される。

【0102】図8のブロック400に戻ると、エンジン・スピード・センサー33(図1)から割り込みが生じたと判断される場合、処理は、圧力制御アルゴリズムが実行されるブロック414への経路401をたどる。ブロック414に示される圧力制御アルゴリズムについての詳細な説明は、図14に関連して以下に示される。圧力制御アルゴリズムの完了後、処理は、汎用タイマーの現在値と前回の速度処理割り込みの値の差異が判断される、ブロック416で続行する。前記に説明したように、GPT内のこの差異は、燃料制御システム内の2つのイベント間の時間を判断するために利用できる。GP

31

Tカウンタ値の差異（つまり「デルタ・カウンタ」）は、スピード・センサー割り込み間の時間を表す。すなわち、GPTパルス反復間の時間により乗算される受信パルスの数は、前回速度割り込みが発生して以来経過した時間を表す。前回割り込みが発生して以来の時間、およびスピード・センサー割り込み間のクランクの度数を知ることで、実際のエンジン速度を容易に計算できる。

【0103】ブロック416で計算される値、スピード・センサー割り込み間のGPTカウンタ値の差異も、オプションでブロック418内のエンジン速度アルゴリズム（ESA）に渡される。ESAは、背景で動作し（つまり、エンジンの回転と同期している必要はないが、継続的に実行される）、エンジン制御システム内の他のアルゴリズム及び他の車両システムにエンジン速度情報を提供する役割を果たす。以下に説明するように、この未処理のスピード・データの詳細な処理は、燃料制御システムにより使用される速度処理アルゴリズムにより実行される。

【0104】処理は、速度処理アルゴリズムの実行に伴い、ブロック420で継続する。速度処理アルゴリズムは、図10およびその付随する説明に関連して、以下にさらに詳細に説明される。

【0105】エンジン速度処理アルゴリズムの完了時に、制御システムは、TDC診断がブロック422内でアクティブであるかどうかを確かめるためにチェックする。TDC診断は、例えば、エンジン・ポジション・センサーのエラーまたは故障が発生した場合にアクティブとなる。例えば、エンジン位置処理アルゴリズムに関連して以下に説明されるように、スピード・センサー割り込みの数が事前に決定した数を上回ると、ポジション・センサー故障が検出され、TDC診断が起動される。TDC診断がアクティブであると、処理はブロック424で続行し、ポジション情報が利用できるかどうかをチェックされる。このようにして、制御システムは、ポジション・センサーが故障したという事実にも関わらず、動作を続行することができる。これにより、ポジション・センサーが修復されるまで、エンジンを動作することができ。ただし、エンジンが停止される場合、制御システムは位置情報を欠いたため、正確にエンジンのシリンダーに燃料を供給できないので、エンジンを再始動することはできない可能性がある。ただし、本発明のもっとも望ましい実施例においては、スピード・センサー信号から位置情報を得て、それによってエンジンを再始動させることができる。ただし、これらの状況下においても、正確なエンジン位置はクランク軸スピード・センサーだけから引き出すことができないため、エンジンは訂正モードで動作している。

【0106】次に、ブロック426では、位置処理アルゴリズムが実行される。前記のように、位置処理アルゴ

32

リズムは、図9に関連して、以下にさらに詳細に説明される。TDC診断がブロック422でアクティブではない場合、あるいはブロック426での位置処理アルゴリズムの実行後、処理はブロック428で続行する。

【0107】ブロック428では、TDC捕捉状態がチェックされる。TDC捕捉状況がアクティブな場合、処理は、正常な位置処理が実行されるブロック404に移される。ただし、TDC捕捉状態がブロック428でアクティブではない場合は、処理はブロック412に移り、アルゴリズムは終了する。

【0108】ブロック428は、目的のオプションでブロック410に類似し、本発明で利用できるオプションの制御アルゴリズムを表すが、燃料制御システムの適切な動作には必要ない。ブロック428では、燃料装置が、エンジン・スピード・センサーのデータに加えて、エンジン・ポジション・センサーのデータを処理すべきかどうかを判断する。ブロック428においてのように、例えば、プログラムがポジション・センサー割り込み信号を待つ必要があるために生じる、データ処理の不必要な遅延を回避するために、プログラムのこの時点で、エンジン・スピード・センサーのデータを処理することが望ましい場合がある。TDC捕捉状況がアクティブではなく、エンジン・ポジション・センサー情報を処理すべきではないと示す場合、制御はブロック412に移り、エンジン速度処理アルゴリズムは終了する。ただし、TDC捕捉状態がアクティブで、エンジン・ポジション・センサーのデータを処理すべきであると示す場合は、制御はブロック404に移り、速度処理は前記に説明したように正常に実行される。

【0109】次に、図8のブロック404および426に示される位置処理アルゴリズムは、アルゴリズムのさらに詳細な描写を図解する図9に関連して、さらに詳細に説明される。位置処理アルゴリズムの重要な目的は、制御システム・ソフトウェアの実行を、内燃機関の回転位置に同期させることである。位置処理アルゴリズムは、TDC参照（基準）がポジション・センサー31（図1に図示）から検出された時点でのみ、実行される。前記のように、このTDC参照は直接的（つまり、TDC状況が存在するというポジション・センサーからの実際の表示）または間接的（つまり、次のスピード・センサー・パルスがTDC状況を表すというポジション・センサーからの表示）である。

【0110】処理は、位置参照（基準）が制御システムにより過去に設定されたかどうかで判断されるブロック500で開始する。この判断が、ポジション・センサー31からの最初のパルスが受け取られたかどうか、あるいはこれがセンサーから受け取られる第1のパルスであるかどうかを確認する。これは、エンジンの始動中重要である。これがポジション・センサーから受け取られる最初のパルスであるという判断が下されない場合は、

ブロック504内のカウンタ・チェックが失敗し、ブロック506で発行されるエラー位置（またはTDC）診断を生じる。

【0111】位置参照が設定されると、処理は、ポジション・カウンタ状態が確認されるブロック504で執行する。ブロック504では、制御システムは、スピード・センサー33から受け取られるパルス数を、事前に決定した正確な量、またはエンジンのクランク軸の回転のたびに受け取られるはずのパルスの数を表す確認値と比較する。この正確な量または確認値は、通常、スピード・センサー33によりエンジン速度を感知するのに使用されるギヤの歯の本数に等しい。その時点でパルスを示すパルスは通常ポジション・センサー31により発行されるので、動作中、図9のアルゴリズムは、クランク回転が720°、つまりクランク軸回転の360°となるたびに、実行されなければならない。この回転中、ポジション・カウンタは、クランク軸ギヤ上の歯の本数に等しいパルス数を受け取るはずである。したがって、ブロック504でのこの比較は、カウンタ・エラーが、位置パルスがポジション・センサー31から受け取られてから、回転中にスピード・センサー33により発生しなかったことを確認する役割を果たす。

【0112】ポジション・カウンタの状態が正しいことが分かったら、処理は、診断フラグがクリアされ、システムが正しく動作していることを示すブロック508に流れる。ただし、カウンタ状態に障害があると判断された場合は、処理は、位置（つまりTDC）診断を開始するブロック508に移動する。ブロック506でTDC診断が発行された後で、あるいはブロック508で診断フラグがクリアされた後で、実行はブロック510に移される。ブロック510では、ポジション・カウンタが、エンジンのクランク軸の次の回転に備えて位置パルスのカウントを開始するために、ゼロにクリアまたはリセットされる。

【0113】実行はブロック512で執行し、パルス・アキュムレータ（PAI）はFE16進数にリセットされる。パルス・アキュムレータは、スピード・センサーのパルスのカウントを容易にすることを目的としている。パルス・アキュムレータは、エンジン・スピード・センサーから受け取られる2つおきまたは3つおきのパルスのたびにカウントするために利用される。これは、スピード・センサーからパルスを受け取るたびに、パルス・アキュムレータを進め、パルス・アキュムレータのオーバーフローが発生するたびに割り込みを提供することにより、達成される。エンジン・スピード・センサーは、センサーを通過するクランク軸ギヤのすべての歯に対してパルスを生成する。一般的に、これは、エンジンのクランク軸の10°の回転毎に1個のパルスを生成することになる。ただし、本発明は、エンジンのクランク軸の目標の30°ごとに割り込みの処理を必要

とするだけである。パルス・アキュムレータは、スピード・センサーからの3つおき（3番目）のパルスを制御システムによりカウントする手段を提供することにより、この目的の達成を補助する。

【0114】また、パルス・アキュムレータは、エンジンの回転と同期するように制御システムを維持するための役割も果たす。位置パルスが示されると、パルス・アキュムレータは、FE16進数にリセットされる。このようにして、その後で2番目のスピード・センサーのパルスが受け取られると、オーバーフロー状態が生じる。さらに、位置感知回路は、シリンダ番号1のTDCのような、明確なエンジン位置を示すためにその結果生じる割り込みを解釈する。それから、システムは、スピード・センサーからの3つ目のパルスのカウントを続行するために、パルス・アキュムレータをリセットする。

【0115】それから、実行は、位置処理アルゴリズムが完了するブロック514に移り、どのブロックが位置処理アルゴリズムの呼出しに責任があったかに応じて、ブロック404またはブロック428のどちらかに戻る。

【0116】図9のブロック500を参照すると、位置参照（基準）が設定されていない場合は、実行はブロック502に移る。これは、初期位置を示すパルスがポジション・センサー31から以前に受け取られたことがないことを示す場合に、発生する。例えば、エンジンの始動中、エンジンの回転位置は未知であり、時間長は、最初の位置パルスがポジション・センサー31から受け取られる前に過ぎるであろう。処理中の位置パルスが受け取られる最初のパルスである場合は、それは参照（基準）値を設定し、実行は、この参照値が設定されるブロック502で続行する。実行は、ブロック508に移り、前記に説明した事柄でブロック510、512および514で続行する。

【0117】次に図10を参照すると、図8のブロック420および408に示される速度処理アルゴリズムが詳細に説明されている。速度処理アルゴリズムは、位置参照が設定されているかどうかについての判断によりブロック600で開始する。位置参照が設定されていない場合は、実行は、オプションの固定ポンプ動作アルゴリズムを表す、ブロック602に移されることがある。それ以外の場合、オプションの固定ポンプ動作アルゴリズムがブロック602に存在しない場合は、速度処理アルゴリズムは完了し、ブロック604で終了する。

【0118】位置参照がまだ設定されていないので、燃料供給は行えない。位置参照なしには、制御システムは、エンジンの正確な回転位置を判断することはできない。したがって、制御システムには、どのシリンダーに燃料を供給するべきか、またはいつこのような燃料供給イベントが起るべきかを判断するための十分な情報が

ない。位置参照が設定されていないというこの状況は、エンジン始動中、特にエンジンのクランク軸が1回の完全な回転を終了する前にクランクを回してエンジンをかける間にだけ、発生すべきである。エンジンのカムシャフトが1回完全に回転した後で、前記に説明したように、位置パルスがポジション・センサー31から受け取られ、位置参照が設定される必要がある。適切なエンジン始動を容易にするためにオプションの固定ポンプ動作アルゴリズムを実現できるのは、位置パルスが受け取られていないクランクを回してエンジンをかけている間である。

【0119】アキュムレーター付きコンパクト高性能燃料装置という題の本願と共に出願中の出願番号08/057,489、および1994年5月8日に出願されたその同じ題名の出願中の一部継続出願では、本発明の制御システムが、動作するように適合される燃料装置の機械的な構造と動作を説明する。その出願から分かるように、アキュムレーター内の燃料は、適切な燃料噴射を達成する目的で、(約16,000psiと22,000psiの間の)非常に高い圧力である必要がある。ただし、安全性およびその他の懸念から、この圧力は、エンジンが動作中でない間にはアキュムレーター内で維持されない。したがって、エンジン始動中、燃料噴射が、ポジション・センサー信号が受け取られるとすぐに開始できるように、すばやくアキュムレーター12を与圧する必要がある。

【0120】ブロック602に示される固定ポンプ動作アルゴリズムは、この目的を達成するために利用される。前記のように、ECM13がポンプ動作・コントロール・バルブ18または19を閉じると、高圧ポンプ14からの圧力は、それぞれの圧力ポンプ14が下り行程を開始するまで、バルブ18および19を閉鎖位置に維持する。ただし、エンジン位置信号は受信されていないので、ポンプ動作イベントを達成する目的でいつバルブ18または19を閉じるべきか、正確に判断することはできない。さらに、ポンプ14が燃料を低圧ポンプ15から引き出すことができなくなってしまうため、単にバルブ18または19を閉鎖した状態で保持しておくことは不可能である。

【0121】したがって、本発明に従い、ECM13は、エンジンの始動中に、コントロール・バルブ18および19に提供される一連のパルスを作成する。これらのパルスは、エンジンのクランク軸回転の約20°に等しい期間、および約50%の動作周期(デューティサイクル)を必要とする。このパルス列を示すサンプル波形状は、図33に示される。図33に示されるように、ポンプ制御駆動信号2600は、エンジンのクランク軸回転の約20°に等しいON期間2602、およびエンジンのクランク軸回転のOFF期間2604を持つ、実質上、方形波形状を持つ。これらのパルスの1つが、ピスト

ン・ポンプ14の下り行程の間に発生すると、低圧ポンプ15から高圧ポンプ14への燃料の流れは瞬間的に中断されるが、ECM13からのパルスが終了するとすぐに再開するであろう。ただし、パルスが高圧ポンプ14の圧縮行程の間に発生すると、適切なポンプ14により生成される燃料圧力は、ポンプ・コントロール・バルブ18または19を閉じたままで保持し、したがって高圧燃料がアキュムレーター12に加えられる。

【0122】図10に戻ると、位置参照がブロック600で設定されていると、実行はブロック606で続行する。ブロック606では、制御システムが、現在の割り込み直前の間隔の間特定のエンジン速度値を生成する。この速度値は、68331マイクロプロセッサ内の汎用タイマー、およびブロック416で計算されるタイマー・カウント数の差異を分析することにより判断(決定)される。ブロック606のアルゴリズムは、マイクロプロセッサの汎用タイマーの現在読み取り値の間と、前回の割り込みでの汎用タイマーの読み取り値の差異を判断する。この計算の結果は、前回間隔の間に発生したタイマー・パルスの数である。前回間隔の間の汎用タイマーによりカウントされるタイミング・パルスの数により表されるこの時間期間は、後で燃料装置のタイミング計算に利用できるように記憶される。

【0123】それから、アルゴリズムはブロック608で進行し、1だけポジション・カウンタを進める。パルスはスピード・センサー33により生成され、クランク軸ギヤの別の歯つまり間隔が経過したことを示すので、ポジション・カウンタは、正確な回転エンジン位置を計算できることを確実とする目的で、1だけ増やす必要がある。

【0124】アルゴリズムは、内燃機関のクランク動作が現在発生中であるかどうかを判断するためにチェックすることにより、ブロック610で続行する。エンジンが現在クランク動作されている(つまり、ユーザが内燃機関を始動しようとしている)場合、制御がブロック612に渡され、ブロック614に継続し、ブロック618で戻る。ただし、エンジン・クランク動作状況がブロック610で示されていないなら、制御はブロック618からブロック618へ通過する。図10を参照することで分かるように、2つのパスの1つが、ブロック10とブロック618の間に移行時に実行される。アルゴリズムは、ブロック612と614を実行するか、あるいはブロック618を実行するであろう。どのパスを実行すべきかという判断は、エンジンが現在クランク動作状態にあるかどうかに基づいており、以下に詳細に説明される。

【0125】動作中、本発明の制御システムは、燃料供給イベントまたはポンプ動作イベントが、次の割り込み前の任意の時点で必要となるかどうかを判断するために、割り込みのたびに動作する。アルゴリズムが実行さ

れるたびに、プログラムは、燃料供給イベントまたはポンプ動作イベントが、エンジンのクランク軸回転の次の30°内で必要かどうかを確かめるためにチェックする。さらに、制御アルゴリズムによる処理の遅延が原因で、ポンプ動作イベントまたは燃料供給イベントは、制御アルゴリズムが次の割り込み間隔中に適切な処理を実行するのに必要な遅延を補償するために、エンジンのクランク軸の回転の次の30°に追加マージンを加算したものの間に発生しないことを確実にすることが必要である。

【0126】ブロック616では、制御アルゴリズムが、燃料供給イベントまたはポンプ動作イベントが発生するかどうかを確かめるためにチェックしなければならない時間期間の調整された予測が決定される。本発明のもっとも望ましい実施例では、この時間期間は、前の割り込み間隔を分析し、この時間長を、それ以降の割り込み間隔を予測するための基本線として利用することにより、決定される。さらに、前記に説明したように、制御アルゴリズムによる計算上の遅延を可能とするために、事前に決定したオフセットが割り当てられる。それ以降の割り込み間隔のこの予測値が決定されると、処理はブロック618で続行する。

【0127】ただし、ブロック810で判断されるように、エンジンがクランク動作状態にある場合は、前の割り込み間隔からのポジション・センサのデータは正確であり、次の割り込み間隔まで適切な時間を正確に反映することはできない。このような状況下においては、ブロック612内の制御アルゴリズムは、さらに一般的なエンジン速度アルゴリズムまたはESA値に依存する。エンジンのクランク軸内でのねじり変動および急速に変動する速度変化のため、クランクを回してエンジンをかけている間は、ブロック612内でESA速度参照(基準)を利用することが望ましい。平均速度値を表しているため、この値はブロック806で判断される値とは正確ではないが、エンジンの始動中、この値は始動特性を改善する結果となる。それから、制御は、ESA速度値が、エンジンのクランク軸の30°および1°という回転を示す、タイマー・カウントの同等な数に変換されるブロック614に移る。この変換のため、ESA速度参照は、ブロック618で判断される速度値と同じ単位となるため、実行は、そのブロックに到達するのに利用される経路(パス)に関係なく、ブロック618で続行可能である。

【0128】アルゴリズムは、FCAアルゴリズムの実行に伴い、ブロック618で続行する。FCAアルゴリズムは、図11に関連して、以下にさらに詳細に説明される。次に、制御は、図12に関連してやはり詳細に説明されるFCAアルゴリズムの実行に伴い、ブロック620に移る。最後に、制御はブロック804に移り、速度処理アルゴリズムは完了する。

【0129】図11を参照すると、図7にブロック312として略図により示されるFCAアルゴリズムは、詳細に説明され、図解されている。図11に示される燃料供給制御アルゴリズムの機能とは、燃料供給イベントが現在の割り込み間隔の間に発生すべきかどうかを判断することである。燃料供給イベントが発生すべきと判断されると、FCAアルゴリズムは、噴射タイミング値の開始および噴射タイミングの期間を判断する。さらに、FCAアルゴリズムは、これらの値を図11に示されるインジェクション・コントロール・バルブ20を制御するのに十分なタイマー値に変換し、燃料供給イベントを開始する。

【0130】燃料供給制御アルゴリズムは、エンジン・シリンダーごとのTDCに基づく噴射値のシリンダー相対始まりに、エンジン・シリンダーのそれぞれの噴射値のクランク絶対始まりを変換するのに伴い、ブロック700で開始する。アルゴリズムは、メモリ内に記憶される、各シリンダーの絶対トップデッドセンター値にアクセスする。タイミング角度、およびシリンダーにとって特定の較正は、事前に決定されたシリンダー・トップデッドセンター値に加えられるが、バルブおよび回転の遅延はこれらの値のそれぞれから差し引かれる。この計算の結果が、少なくとも次の2つのエンジン・シリンダーに対して、およびおそらくエンジン内の各シリンダーに対して、燃料供給イベントがいつ発生すべきかを示すエンジン位置を出す。

【0131】燃料供給イベントの適切な始まりを示すこれらの6つのエンジン位置は、エンジンのクランク軸回転の角度として、つまり0°から719°として表されるであろう。噴射角度の適切な始まりのこの計算の後には、処理はブロック702で続行する。ブロック702では、噴射遅延時間の始まりが計算される。すなわち、次の燃料噴射イベントが発生すべきまでの(GPTカウントでの)時間は、(エンジンのクランク軸単位での)計算済み燃料供給イベントのエンジン位置のそれぞれから度数単位の現在のエンジン位置を差し引くことにより、作成される。この計算の結果から、そのシリンダーに対する噴射の始まりが起こるまでのエンジン度数が得られる。それから、この値は、噴射の始まりが発生するまで、GPTタイマー・カウントの数を表すために、回転の各クランク度数に関して受け取られるタイマー・カウント数により乗算される。結果は、各噴射イベントが発生すべきまでの(GPTタイマー・カウント単位の)時間の概算である。

【0132】それから、実行は、アルゴリズムが現在の間隔中に燃料供給イベントが発生すべきかどうかを判断するブロック704で継続する。すなわち、ブロック702で計算される噴射の始まりまでのタイマー・カウントの数が、(ブロック618で予測されるように)現在の割り込み間隔の終了前のタイマー・カウント数より少

ない場合は、燃料供給イベントは、現在の間隔中に発生するであろう。前記に説明したように、速度割り込みは、通常、クランク軸回転の約30°ごとにスピード・センサー33から発生する。したがって、燃料供給イベントが、エンジンのクランク軸回転のさらに30°が発生する前に必要であると判断されるなら、エンジン燃料供給イベントを実行する必要があるであろう。図11で分かるように、エンジン燃料供給イベントが必要であると判断された場合は、実行がブロック706で継続する。ただし、エンジン燃料供給イベントがこの期間に必要であると判断されない場合は、実行はブロック712に移り、燃料供給制御アルゴリズムは終了する。

【0133】実行は、オンタイム(FON)変換アルゴリズムに従った燃料供給の実行に伴い、ブロック706で続行する。FONアルゴリズムの実行は、図1に示されるインジェクション・ソレノイド・バルブ20が燃料供給イベント中間状態のままとなる希望期間を表す値を判断(決定)するために、利用される。期間は、アキュムレーター圧力および希望の燃料供給量の係数(ファクタ)であるため、FONアルゴリズムは、入力として、燃料供給量、および図1に示されるECM13によりセンサー22から検出される測定済みアキュムレーター圧力を受け取る。アルゴリズムは、インジェクション・ソレノイド期間値を含む、3次元検索テーブルにアクセスするために、燃料供給量および蓄積された圧力を使用する。

【0134】本発明のもっとも望ましい実施例においては、FONアルゴリズムは、最高可能燃料供給量の率(パーセント)として希望の燃料供給量を受け取り、最高可能アキュムレーター圧力の率として測定済みアキュムレーター圧力を受け取る。3次元検索テーブルは、燃料供給期間、または最高可能期間の率であるオンタイムを作成する。それから、この最高可能期間の率は、GPTタイマー・カウントに変換される。さらに、本発明のもっとも望ましい実施例においては、3次元検索テーブルは、現在、アキュムレーター圧力値と燃料供給量値から成る20x20のマトリクスから構成されている。言うまでもなく、さらに解像度が追加な場合は、このテーブルのサイズを容易に拡大し、追加の期間値を提供できる。

【0135】それから、実行は、ソレノイド・インジェクション・バルブ20を制御するために実際に使用されるカウンター値が作成されるブロック708で続行する。ブロック708では、噴射開始時および噴射終了時の自由に動作するGPTの実際値が計算される。これらの値は、ソレノイド・インジェクション・バルブ20の動作を制御するために、以下に説明されるVECアルゴリズムにより使用される。計算された期間値は、最小噴射期間値に比較され、期間がこの最小値を下回る場合は、期間は、最小に等しくセットされる。最小期間は、

ディストリビューターおよび燃料装置のそれ以外の構成部品を十分に潤滑するために、十分な量の燃料がソレノイド・インジェクション・バルブ20を通過していることを保障するために、利用される。

【0136】それから、実行は、バルブ・イベント制御(VEC)アルゴリズムが実行される、ブロック710で続行する。VECアルゴリズムは、図1に示されるソレノイド・インジェクション・バルブ20とポンプ動作バルブ18および19の両方を制御するために使用される。燃料供給イベントまたはポンプ動作イベントが指定の割り込みサイクル内で発生すべき場合は、VECアルゴリズムは適切なポンプ動作コマンドを生成する。VECアルゴリズムは、図13に関連して以下にさらに詳細に説明される。ブロック710でVECアルゴリズムの完了した後、燃料供給コマンド変換アルゴリズム(FC A)はブロック712で続行し、完了する。

【0137】図10を再び参照すると、実行は、ポンプ動作コマンド変換アルゴリズム(PCA)が実行されるブロック820で続行する。PCAアルゴリズムは、図1に図示されるポンプ14のポンプ・コントロール・バルブ18および19の適切なバルブ閉鎖角度を計算し、バルブ閉鎖角度を、ポンプ・コントロール・バルブを閉鎖する必要があるときまでの適切なGPTタイマー・カウント数に変換する。PCAアルゴリズムの詳細なフローチャートは、図12に表示される。

【0138】図12では、処理は、絶対ポンプ制御バルブ閉鎖角度の判断に伴い、ブロック800で開始する。完全な720°のクランク軸回転の間、6つのポンプ動作イベントが考えられる(つまり、ポンプ14は、それぞれ3つの潜在的な圧縮行程を実行する)。したがって、ポンプ14の内の1つのシリンダーの完全なサイクルは、240°のクランク軸回転を要するであろう。したがって、3つの完全なサイクルには、クランク軸回転の720°全体を要するであろう。さらに、ポンプ14のシリンダーの各サイクルの120°は、ポンプ14の圧縮行程の間に起こるであろう。したがって、PCAアルゴリズムにより決定されるバルブ閉鎖角度は、完全な前進(スweep)ポンプ動作を示す120°から無ポンプ動作を示す0°までの範囲となるであろう。

【0139】ブロック800で実行される計算の結果は、クランク度数でのバルブ閉鎖角度、つまりVCAを出す。それから、処理は、VCAが、各ポンプ動作イベントのポンプ・カム・絶対トップデッドセンターに基づいて相対閉鎖角度に交換される、ブロック802で続行する。それから、この相対バルブ閉鎖角度は、ブロック804で、希望のポンプ動作を達成するために、適切な(対応する)ポンプ・コントロール・バルブ18または19を閉じる必要があるときを示すGPTタイマー・カウントに変換される。

【0140】この時点から、PCAアルゴリズムの演算

41

は、前記に説明したFCAアルゴリズムの演算に類似している。ブロック806では、ブロック804で計算されたGPTタイマー・カウント値は、ポンプ動作イベントが現在の割り込み間隔中に発生すべきかどうかを判断するために、ブロック616からの予測時間カント値と比較される。イベントが発生すべきでない場合は、実行はブロック814に移行し、PCAアルゴリズムは終了する。

【0141】ポンプ動作が発生すべき場合は、実行は、ポンプ動作にとって適切なポンプ14を選択するのに伴い、ブロック808で続行する。エンジン位置およびポンプ・ピストンのTDC値に基づいて、適切なポンプ14が選択されるであろう。0°、240°、および480°というTDC値はコント・ポンプ14に対応し、120°、360°、および600°というTDC値は、リア・ポンプ14に対応する。

【0142】実行は、VECアルゴリズムを通してポンプ・コントロール・バルブを実際に制御するために利用される適切な値が生成されるに伴い、ブロック810内で続行する。また、ブロック810は、選択したポンプが動作可能であることを確実にするために、ポンプ使用可能レジスタもチェックする。ポンプ使用可能レジスタが、ポンプが動作不可能であると示す場合は、ポンプ動作時間値は生成されず、VECアルゴリズムは実行されないであろう。

【0143】ブロック812では、PCAアルゴリズムが、68331の適切な出力比較レジスタに、正しいGPTタイマー・カウントを割り当て、ポンプ・バルブ・イベント制御アルゴリズムを実行する。GPTが出力比較のカウントと一致すると、マイクロプロセッサは、ポンプ・コントロール・ソレノイドを閉じ、それによってアクチュエレータ12の中に燃料を供給する。VECアルゴリズムの終了後、PCAアルゴリズムは、ブロック814で終了する。

【0144】次に図13を参照すると、FCAアルゴリズムおよびPCAアルゴリズムにより利用されるVECアルゴリズムの状態図が示されている。単一のVECアルゴリズムしか説明されないが、本発明の実施例には、実際には、VECアルゴリズムの2つのソフトウェア・インプリメンテーションが含まれる。第1のインプリメンテーションは、インジェクション・コントロール・バルブ20の動作を制御し、第2のインプリメンテーションは、ポンプ・コントロール・バルブ18および19を制御する。燃料供給イベントおよびポンプ動作イベントは互いに非常に近接して発生する可能性があるため、このようにして2つの別個のVECアルゴリズムを利用するのが望ましい。

【0145】図13から分かるように、アルゴリズムは、状態0 900（ここで900は参照番号である）で開始する。この状態は、FCAアルゴリズムまたはP

42

CAアルゴリズムから呼出が行われるたびに、VECアルゴリズムがいる状態でなければならない。ただし、VECアルゴリズムが状態0 900にいない場合、アルゴリズムは、イベントが処理できないこと、およびイベントが現在処理を待っていることの表示を行うであろう。アルゴリズムが状態3に入ると、VECアルゴリズムは、待機中のイベントがあるかどうかを確かめるためにチェックし、もしこのような待機中のイベントがある場合は、VECアルゴリズムは、待機中のイベントを依然として処理する必要があるかどうか（つまり、エンジンの回転位置が待機イベントを超えて進行していないかどうか）を判断する。イベントを処理する必要があり、イベントの初期化が起きている場合、VECアルゴリズムは直次状態1に移行し、待機中のイベントをサービズする。リーディング・エッジ、つまり待機中のイベントの初期化が見失われた場合、イベントの出力はアクティブ状態に強制され、アルゴリズムは状態2に移行し、期間値をロードする。イベントのリーディング・エッジが見失われると、VECアルゴリズムは、また、イベントを診断として記録（ログ）する。同じようにして、両方のエッジが見失われると、VECアルゴリズムは、イベントを診断として記録し、診断アルゴリズムが実行できる。

【0146】正常な動作の間、状態0 900では、燃料供給イベントまたはポンプ動作イベントを制御するために利用される68331マイクロプロセッサの出力比較は、出力比較がコマンドを受信する準備ができていないことを確実にするために、休止状態になるようにプログラムされている。それから、VECアルゴリズムは、状態1 902に移行する。

【0147】状態1 902では、アルゴリズムは、燃料供給イベントまたはポンプ動作イベントの開始までの適切な遅延値を、適切な出力比較レジスタにロードする。例えば、実施例では、ポンプ動作イベントは、出力比較3を使用するが、燃料供給イベントは出力比較1を使用する。GPTカウンタが出力比較レジスタ内の値と等しくなると、出力はアクティブとなり、これによって燃料供給イベントまたはポンプ動作イベントを開始し、割り込みを発行する。割り込みを受信すると、VECアルゴリズムは状態2 904に移行する。

【0148】状態2 904は、ポンプ動作イベントまたは燃料供給イベントの適切な期間を出力比較レジスタにロードする。このようにして、GPTカウンタが出力比較内の値と等しくなると、ポンプ動作イベントまたは燃料供給イベントは終了する。これが終了すると、割り込みが発行され、VECアルゴリズムは状態306に移行する。状態3 906は、単に、バルブの状態を更新し、適切な制御レジスタをクリアしてから、別の燃料供給イベント・コマンドまたはポンプ動作イベント・コマンドを待つために状態0 900に戻る。

【0149】図7、ブロック302、304、および308に示されるアクチュエーター圧力感知アルゴリズムおよび制御アルゴリズムは、図14に関連してここで説明される。図14は、アクチュエーター圧力センサー・サンプリング(PSS)アルゴリズムのフローチャートを示す。このアルゴリズムは、アクチュエーター12内の圧力を制御するために使用されるエンジン速度同期活動のすべてを実行する。これらの活動は、アクチュエーター圧力センサー22のデータの獲得と処理、および圧力制御装置の実行が含まれる。本発明に従って、これらのイベントは、すべての圧力イベントがエンジン速度の閾値として発生するため、エンジン回転と同期して実行される。

【0150】PSSアルゴリズムは、圧力センサーのデータを獲得するのに伴う、ブロック1000で開始する。これは、圧力センサー22からデータをサンプリングし、このデータを、アナログからデジタルへの変換器を使ってデジタル信号に変換することにより、達成される。それから、このアクチュエーター内の圧力のデジタル表示は、圧力アルゴリズムにより後で使用するために記憶される。

【0151】実行は、ブロック1000でサンプリングされた未処理の圧力データが処理されるブロック1002で続行する。この処理には、範囲確認およびサンプリングされたアクチュエーター圧力データのフィルター処理が含まれる。この計算の結果は、残りの圧力アルゴリズムにより利用されるのに適したフィルター処理済みの圧力センサー値である。

【0152】ブロック1004では、PSSアルゴリズムが、希望の圧力設定点参照および測定済みのアクチュエーター圧力に基づいて、適切なバルブ閉鎖角度(VCA)を計算する。アクチュエーター圧力制御(PCR)アルゴリズムを実行する。VCAは、希望の総ポンプ動作量の率として出力される。したがって、出力0%とは、ポンプ動作が必要とされていないことを示し、100%という値は、最大利用可能(完全に前進された)ポンプ動作を実行する必要があることを示す。VCAを計算するには、PCRアルゴリズムが、希望の圧力設定点を追跡するために、当業者にはよく知られている方法で動作する比例積分偏差(PID)制御装置を利用する。

【0153】適切なVCAが設定されると、PSSアルゴリズムはブロック1006で終了する。必要とされるポンプ動作は、PCAアルゴリズムにより分析され、必要な場合には、ポンプ動作イベントが、PSSアルゴリズムにより計算されるVCAに呼応して開始される。前記から、本発明が、一定の圧力設定点を維持するために、必要に応じて、アクチュエーター圧力のモニターおよび補正を行うシステムおよび方法を提供することは、当業者にとってはすぐに明らかになるであろう。

【0154】マイクロフィッシュによるソフトウェア付録に示されるソース・コードとともに、ソフトウェアに関する前記の説明によって、この技術を持つ人は、本発明に従って燃料装置制御装置を実現し、それに関連した利点を達成できるようになる。

【0155】本発明の複数の追加の特定の機能(特徴)が、ここで説明される。第1に、図15および図16を参照すると、本発明に従って率(レート)形成機能を提供するために内燃機関に搭載可能な装置が図解されている。燃料圧力が、噴射の初期段階の間、ノズル・アセンブリで増加する率を減少させ、ひいてはコンバッション・チェンバー(燃焼室)内に噴射される初期燃料量を引き下げることで、本発明のさまざまな実施例は、エミッションが低いさらに効率のよい完全な燃料燃焼などのさまざまな目的を、さらにうまく達成することができる。

【0156】最初に図15の実施例を参照すると、通常1100で示されるレート形成装置は、(図1のフューエル・インジェクション・コントロール・バルブ20とディストリビューター16の間に位置する)燃料移送回路1102に沿って配置される。ただし、レート形成装置1100は、どのような種類の燃料送達システムにおいてもうまく活用できる。

【0157】図15に示されるように、レート形成装置1100は、燃料移送回路1102の中に配置されるフロー制限バルブ1104、およびバイパス通路1108内に配置されるレート形成バイパス・バルブ1106を具備する。フロー制限バルブ1104は、燃料入り口1114および燃料出口1116を作り出すように、燃料移送回路1102内に形成されるピストン・チェンバー1112の中でスライド動作できるように取り付けられるスライド可能ピストン1110を具備する。スライド可能ピストン1110は、燃料入り口1114の隣に配置される第1端1118、燃料出口1116の隣に配置される第2端1120、および第1端1118から内側端1124で終了するように内側に向かって伸びる中央穴1122を具備する。また、スライド可能ピストン1110は、ピストン・チェンバー1112の内側表面と表面(外側円柱面)1128の間に流体密封シールを形成するために、ピストン・チェンバー1112の内側表面と十分に近接しスライド適合する外側円柱面1126も具備する。スライド可能ピストン1110の第2端1120は、スライド可能ピストン1110が図15に示されるように右側に移動されるときに、燃料出口1116にあるディストリビューター・ハウジング1132上で形成される角度付バルブ・シート1130と係合するための円錐面1128を具備する。

【0158】また、スライド可能ピストン1110は、スライド可能ピストン1110の位置に関係なく、流体出口1116に中央穴1122を流体工学的に接続する



ために、第2端1120を通して延出する中央オリフィス1134も具備する。複数の第1ステージ・オリフィス1136は、中央穴1122から第2端1120を通して延出する。第1ステージ・オリフィス1136は、フロー制限バルブ1104が、これ以降第2ステージ位置と呼ばれる図15に示される位置にある場合、第1ステージ・オリフィス1136から燃料出口1116へのフェuell・フローが、円錐面1128がバルブ・シート1130と当接することによりブロックされるように、バルブ・シート1130に関連して配向される。フロー制限バルブ1104は、バイパス・スプリング1140を収容するために、ピストン1110とディストリビューター・ハウジング1132の間に形成されるスプリング空洞部1138を具備する。ピストン1110上に形成される環状ステップ(段部)1142は、図15に示されるように、第1ステージ位置の中に左方向にピストン1110を付勢するスプリング1140にスプリング・シートを提供する役割を果たす。

【0159】バイパス通路1108は、ピストン・チェンバー1112を經由して燃料入り口1114と一方の端で連通し、他方の端で燃料出口1116と連通する。スライド可能ピストン1110は、フロー制限バルブが第1ステージ位置にあるときに、燃料が燃料入り口1114とバイパス通路1108の間を流れることができるように、第1端1118の端面に放射状の溝1144を具備する。速度(rate:レート、率)形成バイパス・バルブ1106は、レート形成バルブ空洞部1146内でバイパス通路1108に沿って配置される。レート形成バイパス・バルブ1106は、ディストリビューター・ハウジング1132内に形成される環状バルブ・シート1152と係合するために、円錐バルブ面1150を持つ長尺状バルブ要素1148を具備する。レート形成バイパス・バルブ1106は、バルブ・シート1152に接した閉鎖位置の中にバルブ要素1148を付勢するために配置されるバイパス・スプリング1154を具備する。ツーポジション、ツウウェイ圧力均衡型ソレノイド動作式バルブであることが望ましい。ソレノイド・アセンブリ1156は、図15で右側にあるバルブ要素1148を、フル・フローの開放位置に移動するために利用され、円錐バルブ面1150を環状バルブ・シート1152から分離し、それによってバイパス通路1108を通るフローを確立する。

【0160】一般的には、フロー制限バルブ1104は、インジェクション・コントロール・バルブ20が排水管に接続されるときに噴射イベントの終わりで移送回路を通る燃料の戻りフローを制御し、それによって燃料移送回路内および燃料噴射ラインと関連するキャピタニティを最小限に抑えつつ、図16のステージIおよびI1で表されるように、噴射イベントの初期ステージの間に、ノズル・アセンブリでの圧力レート(press

ure rate)の上昇の制御または形成を行うために機能する。レート形成バイパス・バルブ1106は、おもに、図16のステージI11で表される初期噴射期間の後に、燃料移送回路1102を通る自由なフロー通路を提供することにより、ノズル・アセンブリでの最大圧力を達成することが望ましいときに、圧力レートの急激な上昇を可能にするために機能する。

【0161】さらに具体的には、動作中、噴射イベントの開始直前に、インジェクション・コントロール・バルブ20は、燃料移送回路1102を排水管(ドレイン)に接続する閉鎖位置にある。この時点で、フロー制限バルブ1104はその第1ステージ位置にあり、第1端1118はディストリビューター・ハウジング1132に接し、中央オリフィス1134および第1ステージ・オリフィス1136の両方を經由した、燃料入り口1114と燃料出口1116の間の流体工学的な連通を可能にする。レート形成バイパス・バルブ1106は、バイパス通路1108を通る流れをブロックするバイパス・スプリング1154の力を受けて、閉鎖位置にある。インジェクション・コントロール・バルブ20は、いったんアキュムレーター圧力を燃料移送回路1102に接続するために動作されると、高圧燃料は、最初は中央オリフィス1134および第1ステージ・オリフィス1136の両方を通して流れ、図16のステージIで表されるように、フロー制限バルブ1104のつかまつそれぞれのノズル・アセンブリで初期圧力上昇を作り出す。ただし、燃料入り口1114でのアキュムレーター・燃料圧力は、図15の右側にスライド可能ピストン1110を移動するために、第1端1118の端面および中央穴1122の内部端1124上の作用し、円錐面1128がバルブ・シート1130と接する第2ステージ位置にスライド可能ピストン1110を位置する。このようにして、限定された量の燃料が、中央オリフィス1134を通して燃料出口1116に通り、それにより、ノズル・アセンブリでの燃料圧力が図16のステージI1で表されるように上昇しているレートを減少させる間、第1ステージ・オリフィス1136を通る燃料フローはブロックされる。

【0162】ECM13により判断される事前に決定した時間期間の後、レート形成バイパスバルブ1106は、バイパス通路1108を通る燃料の完全なフローを可能にする開放位置に動作され、図16のステージI11の上方へ傾く圧力レートにより表される燃料送達圧力の急速な上昇を引き起こす。ノズル・アセンブリでの圧力は、インジェクション・コントロール・バルブ20の閉鎖により決定される噴射イベントの終わりまで、最大レベルに迅速に到達する。その結果、図16に示されるように、レート形成装置1100は、高圧力レート上昇が起る燃料噴射の第1ステージ(ステージ1)、ステージI1以下の低下した圧力レートが起る燃料噴射の

第2ステージ(ステージII)、および圧力レートの上昇が当初はステージIIより上となる第3ステージを作り出す。噴射の初期ステージ、つまりステージIIの間にノズル・アセンブリでの圧力レートの上昇を低減することにより、レート形成装置1100は、代わりに、燃焼プロセスにより生成されるエミッションのレベルも有利に削減する最初のステージの間にコンパクション・チャンバーに送達される燃料の量を引き下げる。

【0163】閉鎖すると、インジェクション・コントロール・バルブ20は、燃料移送回路1102を排水管に接続しつ、アキュムレータからの燃料をブロックする。ここでもECM13により決定される事前に決定した時間期間後に、レート形成バイパス・バルブ1106は、通電停止され、バイパス・スプリング1154により閉鎖位置に移動される。ただし、レート形成装置1100の下流の燃料移送回路1120の圧抜きが、インジェクション・コントロール・バルブ20の閉鎖に関連してレート形成バイパス・バルブ1106の閉鎖のタイミングに応じて、さまざまな方法で制御または形成できることに注目する。レート形成バイパス・バルブ1106の閉鎖が、インジェクション・コントロール・バルブ20の閉鎖後かなりの時間が経過するまで阻止または遅延されると、バイパス通路1108は主の通し通路として機能し、燃料の排出管への集中戻りフローを可能にし、それにより、下流移送回路およびそれぞれの燃料噴射ラインからの流体圧力のかなりの量を迅速に軽減するが、副次的リリーフ・フローは、フロー制限バルブ1104を通して確立される。ただし、インジェクション・コントロール・バルブ20の閉鎖と同時に、あるいはその後、レート形成バイパス・バルブ1106を閉鎖することにより、主のリリーフ(逃がし)はフロー制限バルブ1104を通して発生する。両方の場合において、い

ったんレート形成バイパス・バルブ1106が閉鎖すると、燃料入り口1114での燃料の圧力は、燃料出口1116の燃料圧力を下回る。その結果、スプリング1140のバイパス力と結合した、第2端1120でのピストン1110の端面に作用する流体の力は、ピストン1110を図15の右側に移動させる傾向があるピストン1110に作用する流体の力より大きくなる。結果的に、フロー制限バルブ1104のスライド可能ピストン1110は、図15で左方向に、第1ステージ・オリフィス1136を燃料出口1116と連絡させる第1ステージ位置の中へただちに移動し、それにより、オリフィス1134および1136を経由して燃料がフロー制限バルブ1104を通過して流れるようになる。中央オリフィス1134および第1ステージ・オリフィス1136の直径は、排出イベント中の必要な戻りフローを作り出せるほど十分に大きい。その2つが結合した断面フロー面積はノズル・アセンブリでの十分な燃料圧力リリーフを確実とし、副次的噴射を妨げる。他方、中央オリ

フィス1134および第1ステージ・オリフィス1136は小さいため、フロー制限バルブ1104とノズル・アセンブリの間の回路および噴射ラインでのキャビテーションを最小限に抑えるのに必要な事前に決定したレベルまで戻りフローを制限するように作られた結合フロー面積を提供する。したがって、フロー制限バルブ1104は、排水イベント中の戻りフローを有利に制御し、副次的噴射を妨げ、キャビテーションを最小限に抑える一方、圧力レート上昇を形成するための噴射イベント中に、中央オリフィス1134のフロー制限機能を有利に活用するために、第1ステージ位置と第2ステージ位置の間で移動されると、可変フロー・バルブとして機能する。

【0164】この設計の1つの優位点は、インジェクション・コントロール・バルブの下流にレート形成バイパス・バルブ1106を配置することにより、実現される。この装置は、バルブ1106を通して発生する漏れの損失を最小限に抑える。この漏れは、(期間が30度のクランク角度で、エンジンが6シリンダー・4ストロークエンジンであると想定すると)バルブ1106がインジェクション・コントロール・バルブの上流に配置された場合の漏れの4分の1となる。

【0165】前記説明から、(図1に示される)インジェクション・コントロール・バルブ20をレート形成装置1100に結び付けると、ECM13は、さまざまな方法で燃料の圧力を制御できるようにすることが、当業者にとっては明かであろう。例えば、図16に示されるように、ECM13はステージIIの期間を変化させ、中間圧力噴射の期間をさらに長くしたり、さらに短くすることができる。これは、ECM13が、レート形成バイパス・バルブ1106の制御を実行できることで、達成可能である。

【0166】バイパス・バルブ1106の開放を変更すれば、例えば、図16で点線で図示される圧力波形を達成できるであろう。例えば、レート形成バイパス・バルブ1106は、ピストン1110がシート1130に着座(シート)する時点、あるいはその後、開放された時に曲線1190が生じるであろう。例えば、曲線1192は、レート形成バイパス・バルブ1106がさらに長い期間に渡って閉鎖されたままで、その後で開放されたときの圧力波形を示す。

【0167】さらに、1個のインジェクション・バルブ20を利用することにより、本制御システムにレート形成機能をj提供する能力が促進される。1個のインジェクション・バルブの利用は、噴射イベント中の均一かつ貫した圧力応答を確保するという点で特に有利である。複数のインジェクション・バルブを提供することにより生じる変動は本発明では取り入れられていないので、さらに、噴射圧力形状に対するより正確な制御が達成できる。

【0168】この概念は、後に、さらに大きく、さらに長い期間の噴射パルスが続く最初の小さな噴射圧力パルスを持つという点特徴とする噴射圧力レートを描く、図17に関連して説明される。この噴射圧力波形は、例えば、短期間、インジェクション・バルブ20をパルス化（脈動）してさらに小さな圧力パルスを生成して、インジェクション・バルブ20を作動し、さらに大きな噴射圧力波形を作り出すことにより生成可能である。

【0169】本発明は、単一インジェクション・ソレノイドだけを活用するの、図17に示される圧力波形は、すべてのエンジン・シリンダーに一貫し、均一である。ただし、図18で拡大された圧力軸を使って図示されるように、従来の技術におけるさまざまなインジェクション・バルブ間で発生する製造上の公差および変動（ばらつき）が、燃料噴射に複数のインジェクション・バルブが利用される圧力波形での不整合につながった。わずかな製造上の変動（ばらつき）は、さらに大きな範囲まで、従って、より大きくより長い期間のインジェクション・バルブまでこのパルスに影響するので、この現象は、特に、（図17に示される）本発明の予備的な圧力パルスの圧力波形で明らかである。

【0170】1個のインジェクション・コントロール・バルブ20と圧力レール生成装置1100を組み合わせたものは、1個のインジェクション・コントロール・バルブ20と1個のレール形成パイパス・バルブ1106が提供されるため、エンジン・シリンダー間で均一かつ一貫したものとなる追加の圧力波形を作り出すのにも利用できる。例えば、図19に示される圧力波形は、前記のレール形成テクニックを組み合わされば、達成できるであろう。

【0171】図19は、後にさらに大きな複数のレベルの圧力波形が続く、単一で、比較的小さな初期圧力パルスを含む圧力波形を示す。初期圧力パルスは、インジェクション・コントロール・バルブの脈動処理により達成され、後の複数のレベルの圧力波形は、レール形成パイパス・バルブ1106を利用することにより達成される。本発明に従って圧力波形を達成するための、これらの2つの構成要素のそれ以外の新規な組み合わせも、当業者にとっては容易に明かとなるであろう。

【0172】本発明の実施例においては、燃料噴射ソレノイド・バルブ・ドライバ回路に、ソレノイドの磁界を通してバルブの主要部（valve's mass）が移動することにより生成される逆EMFに基づいて、ソレノイド・バルブの開放を電気的に検出する逆EMF検出回路が具備されてもよい。この逆EMF回路を用いると、いくつかの場合、ソレノイド・ブースト回路を排除できる可能性がある。

【0173】前記に注記したように、ピストン位置に関連してシリンダーの中に燃料を噴射するタイミングが重大であるため、バルブを非常にすばやく開放し、噴射の

決定から、燃料が実際にシリンダーに入る時点までの遅延を最小限にすることが望ましいと考えられている。前記に説明したように、バッテリー電圧をはるかに大きな電圧まで上げる「ブースト回路」を提供することにより、バルブ動作の速度を上昇できる可能性がある。制御システムは、シリンダーに燃料を噴射する時だと判断すると、この大きな電圧をソレノイド・コイルに短期間印加し、それによりコイルを通して急激に電流が上昇し、その結果急速な開放時間が生じる。その後、バルブは従来のバッテリー電圧を使って開放状態で保持される。図20は、ブロック略図形式で、ブースト回路の動作を示す。バッテリー28は、ドライバ回路238の1つの入力に接続されるブースト回路212に接続される。また、バッテリー28は、ドライバ回路238の入力にも接続される。ECM13からの噴射コマンドに呼応して、ドライバ回路238は、最初に、ブースト回路212の100ボルトから175ボルトのDC出力を回路24に、したがってソレノイド・インジェクション・バルブ20に切り替え、迅速にインジェクション・バルブ20を開放する。次に、事前に決定した時間の後に、ドライバ回路238は、ブースト回路212を遮断し、代わりに、バッテリー電圧をソレノイド・インジェクション・バルブ20に接続し、ソレノイド・インジェクション・バルブ20を開放状態のままで保持する。

【0174】ブースト回路が必要な場合もあるが、ブースト回路の利用に関連したいくつかの重要な欠点がある。バッテリー電圧を上昇するのに必要となる回路は、通常、複数の構成要素が必要となり、何十ドルものコストが追加される。生産量が多い場合、これはかなりのコストである。加えて、ドライバ回路は、不相応な量の物理的なスペースを使う。低DC電圧を大きなDC電圧に変換するには、大きな構成部品が必要となるため、通常、電力（パワー）半導体構成部品だけではなく、1つの誘導子および複数のコンデンサ、電子制御モジュール（ECM）のサイズが大きくなり、エンジンに取り付けるアプリケーションをさらに難しくする。また、ブースト回路は比較的高い故障率を有する。パワーエレクトロニクスは、さらに高い電気的な応力（ストレス）を経験するため、より高い温度で動作する。この結果、故障率は、ECMのデジタル構成部品より高くなり、保守コストが増加し、装置のダウン・タイムが伸びる。最後に、ブースト回路を利用すると、バルブ内の応力が上昇する。目標が非常に迅速にバルブを加速することであるので、バルブは、高い力でそのシートに衝突する。これは、バルブをさらにゆっくりと開ける場合より、はるかに早くバルブを摩耗させる傾向にある。したがって、本発明の別の実施例では、ブースト回路は排除されている。

【0175】この他の実施例においては、逆EMFセンサがインジェクション・ソレノイド・ドライバ回路に

51

具備される。ECM13は、その動作条件および変化する有効期間（寿命）の条件のすべての下でのバルブの開放時間を知ることにより、動的に遅延を補償し、それにより、バルブの開放速度には関係なく、燃料を正しい時に噴射する。逆EMFセンサーは、バルブ20がそのコイルにより設定される磁界を通過するにつれて、バルブ20により生成される逆EMFをモニターすることにより、バルブの開放を検出する。この逆EMFは、常に、バルブ動作に反対するため、それ自体をバルブの移行中の電流の減少（current dip）に現わす。この電流の低下の典型的な例は、図21に示される。バルブが開き、動作が止まる点は、常に、 $t_0$ で、図に示されるように、低下の負の傾斜が正に戻る点であろう。

【0176】図22は、本発明に従った逆EMF検出回路1600を示す。逆EMF検出回路1600は、感知抵抗器1602、コンデンサ1604、演算増幅器1606および1608、ならびにダイオード1610および1612を具備する。感知抵抗器1602は、コイルと接地の間でソレノイド・バルブ20のコイルの回路内で接続される。コンデンサ1604は、演算増幅器1606の負の入力と接地の間で接続される。演算増幅器1606の正の入力は、ソレノイド・バルブ20のコイルへのその接続部で、感知抵抗器1602の端子に接続される。演算増幅器1608の負の入力は、演算増幅器1606の負の入力に接続され、演算増幅器1606の出力は、演算増幅器1608の正の入力に接続される。ダイオード1610および1612は、演算増幅器1608の正の入力と演算増幅器の負の入力の間の対立する極性と接続される。逆EMF感知回路1600の逆EMF感知出力は、演算増幅器1608の出力で採取される。

【0177】図23は、ソレノイド・バルブ20および逆EMF感知回路1600の動作に関連した波形を示す。T1以前の時間では、プロセス中の噴射動作はないため、ソレノイド誘導子を通る電流はゼロなので、感知抵抗器1602を横切る電圧は低い。始動時には、回路1600内に存在するノイズにより、コンデンサ1604がノイズ・フロアを越えた値まで充電され、演算増幅器1606を低く飽和させるまで、演算増幅器1606が短く振動する可能性がある。ECM13内のソフトウェアは、ノイズが原因の誤った読取り値を回避するために噴射がプロセス中ではない時点ではこのような振動を無視するようにプログラムされるのが望ましい。

【0178】T1時、ECM13は、ソレノイド・バルブ20を動作する。電流は、ソレノイド・バルブ20の誘導子（コイル）を通過して指数的に上昇し、感知抵抗器1602の値を掛けたソレノイドを通る電流に等しい、感知抵抗器1602を横切る電圧の上昇を引き起こす。電流が上昇するに従って、ダイオード1612は順方向バイアスされ、演算増幅器1608の正の入力での電圧

52

は、その負の入力より高いダイオードの低下となり、その出力を強制的にハイにする。この状態は、バルブの移行からの逆EMFによる電流の低下がT2時で開始するまで、維持される。T2時には、演算増幅器1606が、コンデンサ1604中の電圧に感知抵抗器1602での電圧の低下を追跡させ続けるため、ダイオード1610は順方向バイアスされる。これにより、演算増幅器1608の負の入力はその正の入力より高い電位となり、その出力はローへ移行される。バルブの移行がT3時に停止すると、インジェクター電流の正の傾斜が再び始まり、演算増幅器1608出力の正の移行という結果となる。このようにして、バルブの開放により、動作が開始したことを示す第1立下がりエッジ（T2）および動作が完了したことを示す第2立下がりエッジ（T3）という、2つの異なったエッジが生じるであろう。演算増幅器1608の出力は、イベントを検出し、測定するために、これらのエッジをモニターするECM13内のマイクロプロセッサに接続される。あるイベント中にバルブを開くのに測定される時間は、 $(T_{open} = T3 - T1)$ として記憶され、このバルブ遅延時間の測定値は、次のイベントのためにバルブを開くためにコマンドをタイミングする際に補償するのに利用される。また、ECMは、コマンドから初期バルブ動作までの時間（ $T2 - T1$ ）およびバルブが移動する時間（ $T3 - T2$ ）も測定し、予知および診断の目的でこれらの時間値を記憶する。例えば、これらの量は、動作中の問題につながる可能性がある、変化するバルブ動作条件について事前に警告を出すために、統計的な制御テクニックを使って、経時的に記憶され、分析される。

【0179】この回路は、本発明という状況で特定の利点を有する。この回路を構築するのに必要な構成部品のコストは、業界で同様の機能を達成するために通常利用されるもののほんの一部にすぎない。この回路が、さらにセンサーを追加したり、バルブにリヤを加えなくとも、バルブ動作および開放時間の絶対的な検出を行うという事実は、大幅なコストの節約となる。これらの回路を収容するのにECM13で必要となるスペースの量は1平方インチ未満であるが、ブースト・システムまたはセンサー付きの非ブースト・システムを収容するためのスペースは数平方インチであり、その結果さらに大きなECMシャーシが必要となる。センサーを増設しなくても電力（パワー）回路を排除することにより、全体的な制御システムの故障率は減少する。バルブはさらにゆっくりと移動する一方で、その寿命も伸びるであろう。加えて、この逆EMF感知方法は、本来、機械的および電気的な劣化および故障を検出するのに利用できる、システムに関するタイミング・データを提供する。この情報は、オペレーターが使命を実行できなくなる前に、彼らに差し迫る誤動作を警告するか、あるいは技術者が問題点を診断するのに補助するのに利用できる。

53

【0180】この実施例の別の利点には、EMI問題の  
 確率の減少、制御装置内部の衝撃事故の減少、およびバ  
 ルブの力が減ったために静かになった燃料装置が含まれ  
 る。

【0181】複数のポジション・バルブが利用されてい  
 る場合、バルブ加速の損失により、バルブは、希望する  
 より長く望ましくない状態のままとなる可能性がある。  
 これらの場合、ブースト回路を排除することはできな  
 い。従来の技術においては、ソレノイド・コイルはたい  
 10 いの場合最大速度を達成するために飽和され、逆EMF  
 F特性を不明確にするため、ブースト回路も利用されて  
 いる場合、このような逆EMFセンサー回路を利用する  
 ことはできなかった。特に、一定の加速を行い、バルブ  
 を望ましくない、または未定義の状態 ( $F = mA$ ) を通  
 してすばやく移動させるために、ある量の力が必要とさ  
 される。力は、磁束密度 ( $B$ ) の平方に比例するため、磁  
 束密度は、磁界強度を増加させることにより最大にされ  
 る。磁界強度は、コイルを通る電流 ( $I$ ) で掛けられ、  
 コアの長さ ( $L$ ) で割られるコイルの巻数 ( $N$ ) と等し  
 くなる。つまり、 $H = (N \times I) / L$  である。一般的な  
 電磁弁での  $B$  と  $H$  の関係は、図24に示される。

【0182】前記に記述したように、たいの場合、  
 最短時間量で最大の力を獲得するために、電流は、バル  
 ブが開く前に、コアの飽和 (図24に示されるように、  
 $H > H_1$  で、 $B/H$  曲線の水平部分上での動作) という  
 結果となる速度で増加される。コアが飽和されるので、  
 それ以上の力は生成されず、バルブの逆EMFは、位置  
 のフィードバックの電流追跡 (トレース) では明かでは  
 ない。

【0183】本発明の別の面では、逆EMFモニターを  
 妨げるコアの飽和を回避しつつ、力のレベルを上昇させ  
 るためにブースト回路を利用できるようにするテクニク  
 が開発された。このテクニックでは、ECMおよびブ  
 ースト回路が、ソレノイド・インジェクション・バルブ  
 に3つの異なった電圧レベルの内1つを選択して提供  
 するように構築されている。図25に示されるように、  
 切り替え手段1902は、ECM13の制御下で、第1  
 ブースト回路212からの電圧を、中間ブースト回路1  
 900からの電圧を、あるいはバッテリー電圧を、ソレノ  
 イド・インジェクション・バルブ20に選択して接続す  
 る。1つの噴射イベントでは、この3つの異なった電圧  
 が、ブースト回路212からの完全なブースト電圧で始  
 まり、中間ブースト回路1900からの中間電圧に進  
 み、それからさらに低いバッテリー円圧へと、次々にバ  
 ルブ20に提供される。

【0184】電磁弁の動作に関係してこれらの電圧を順  
 次印加するタイミングは、特に、希望の結果を達成する  
 上で重要である。図26を参照すると、 $T=0$  時で、E  
 CMは、バルブに開くように命令を出し、ブースト電圧  
 を印加する。Bが高速で傾斜 (ランプ) を開始するた

54

め、バルブ加速も同じく傾斜し始める。 $T_1$  時には、E  
 CMは、バルブの開放を期待してコアを横切る電圧を下  
 げる。時間  $T_1$  は、バルブに対する電圧の開始後にバル  
 ブを開放するための最小遅延時間より低くなるように選  
 択される。中間ブースト電圧まで電圧を下げることに  
 より、B曲線の傾斜は減少し、バルブ動作の前の飽和を回  
 避する。 $T=T_2$  時まで、バルブは開いた。コアはまだ  
 飽和していないので、このバルブの開放は、(図22  
 に詳細に示される) 逆EMF検出回路1600により検  
 10 出可能である。バルブ開放の検出に呼応して、ECM  
 は、通常は、バッテリー電圧であるところの、バルブを  
 開放状態で保持するのに必要な (常に、バルブを移動す  
 るのに必要な力を下回る) 力に対応するレベルまで電圧  
 を引き下げる。バルブは開いたので、その加速はゼロと  
 なる。このようにして、バルブ速度は、迅速な初期加速  
 より最大限となり、さらにコア飽和の回避という別の利  
 点を得て、診断および制御の目的での逆EMF検出を可  
 能にする。

【0185】図27に示される本発明の別の実施例にお  
 10 いては、制御システムには、ディストリビューターとシ  
 リンダー・インジェクション・ノズルの間の不均一なフ  
 ェウル・ライン長を補償するための手段が具備される。  
 具体的には、ECM13には、各シリンダーに関連した  
 ライン長値を記憶する、ECM13のメイン・プロセッ  
 サに接続される、ライン長記憶装置2102が具備される。  
 記憶されたライン長値は、それぞれのシリンダーに  
 利用されるフェウル・ラインの長さの差異を表す。EC  
 M内のプログラムはこの情報を利用して、さまざまなフ  
 ェウル・ライン長を補償する。プログラムは、噴射した  
 30 燃料の量、およびライン24上をインジェクション・コ  
 ントロール・バルブ20に送信される順次起動信号のタイ  
 ミングの両方を変化してよい。図28は、本発明のフ  
 ェウル・ライン長補償アルゴリズムのフローチャートで  
 ある。(図28のブロック2200に示される) 第1ス  
 テップは、どのシリンダーが燃料噴射用のラインで次  
 に来ているのかを決定することである。図1および図2に  
 関連して前記に説明したように、本発明では、シリン  
 40 ダーの識別は、ホール (Hall) エフェクト・センサー  
 を利用してカム・ギヤの位置を読み取ることにより確認  
 され、ECMは、容易にエンジンのアンギュラー・ポジ  
 ション、したがってどのシリンダーが次に燃料を供給さ  
 れるのかを判断することができる。図27に示されるシ  
 ステムで、燃料供給されるシリンダーが識別されると、  
 制御はブロック2202に移り、ECM13のマикро  
 プロセッサが、記憶装置2102からそのシリンダーに  
 関連するライン長情報を検索する。次に、ブロック22  
 04では、ECMは、前記に詳細に説明した方法を利用  
 して、そのシリンダーに必要な燃料の基本量を、エン  
 ジン動作パラメータの関数 (速度、負荷、温度など)  
 50 として計算する。その後で、量の変動係数が、ブロック

2206でシリンダーのライン長の関数としての基本値に関連して計算される。一般的には、噴射中にフェュエル・ラインで設定される高い圧力で、燃料は、スプリング部材として動作するように圧縮できる傾向がある。したがって、ラインのもう一方の端で指定の希望圧力を得るためには、インジェクター・ノズルでライン長が伸びるに従って、さらに大量の燃料がラインの中にリリース(解放)されなければならない。このようにして、量の解放係数は、基本燃料量、ラインの長さ、そして場合によっては既存のアキムレーター圧力の関数となるであろう。ブロック2208では、送達予定の燃料の量の新しい値が計算され、燃料量変動値により増加または減少される基本燃料値により決定される。この新しい値が、送達される燃料の量となるであろう。

【0186】ブロック2210では、基本値が、前記に説明した方法に従って、エンジン動作パラメータの関数として噴射イベントのタイミングに関して決定される。ブロック2212では、タイミング・オフセットが特定のシリンダーのラインの長さに基づいて計算される。一般的には、燃料圧力が、フェュエル・ラインを通して、その長さが伸びるに従って、シリンダーまで広がるにはさらに長い時間を要する。したがって、タイミングが調整されていない場合は、より長いフェュエル・ラインの末端にあるインジェクター・ノズルは、より短いフェュエル・ラインにより接続されるノズルより、わずかに後で開く傾向があるが、それ以外のすべてでは等しくなる。タイミング・オフセットは、標準的なライン長と特定のシリンダーの実際のライン長の間の差異に等しくなるように計算される。ブロック2214では、噴射信号の正確なタイミングは、基本タイミング値から始め、噴射信号生成の時間を、特定のシリンダーまでのフェュエル・ラインの長さを補償するために計算されたタイミング・オフセットにより進めるか、遅らせることにより、決定される。それから、ブロック2218では、噴射は前記に説明したやり方ではあるが、個々のシリンダー・インジェクション・ノズルまでのフェュエル・ラインの長さを補償するように調整されるタイミング値および燃料量値を利用して、実行される。

【0187】このようにして、複数のシリンダーの噴射制御信号は、(図27に示される)インジェクション・コントロール・バルブ20まで回線24を經由して、順次、送信される。起動信号のそれぞれのタイミングは、集中インジェクション・コントロール・バルブを個々のシリンダーに接続するフェュエル・ラインの物理的構造に従って、個別に調整される。この補償機能は、さまざまなフェュエル・ライン長の利用を可能にする上で特に有効であるが、異なったベンド(曲がり)または直径などの、フェュエル・ラインにおけるそれ以外の物理的な変化(ばつつき)を補償するのにも利用される。さまざまなフェュエル・ラインの物理的なレイアウトを補償する機能

により、すべてのシリンダーへのフェュエル・ライン長を単に等しくするために単に過剰なフェュエル・ラインを提供する必要がないという点で、材料およびコストを節約することができる。さらに、ラインをより望ましく怪路設定することも、美的価値観、保守性、および安全性という点から達成できる。フェュエルレイト(燃料比)形成の利点も、本発明の実施例により獲得できる。

【0188】本発明の別の代替実施例は、高電圧ブースト回路を利用したもので、という点とはつまりバッテリー電圧ドライバー回路を利用して、高速で電磁弁を制御するための装置および方法を提供する。前記に注記したように、ブースト回路には数多くの欠点があり、それ故、故障モードを削減し、コストを引き下げるためには、できる限りブースト回路を排除することが望ましい。従来の技術によるシステムを用いた場合、さらにバルブ速度が低速となることを許容できないバルブの設計およびシステムの制限のために、これは常に可能ではない。

【0189】この代替実施例においては、回路は、バルブが起動時における大きな電流のフローなしに迅速に起動できるように、バルブに事前にバイアスをかけるための回路が具備される。ECM13には、事前バイアス・レベルおよびバルブ起動レベルという少なくとも2つの電流レベルを提供できる可変電流生成回路が具備される。希望のバルブの開放前の定義された時間に、ECMは、ソレノイドへの電流を選択して上昇させ、バルブのスプリング力と静的摩擦を克服するのに必要となる力に幾分足りない力に匹敵するレベルまで電流を上方に傾斜(ランプ)させる。バルブを開く時間が来ると、事前にバイアスをかけられた電流がさらに上昇し、引き込み値を満たすか、超過する。電流はすでにその値に近かったので、電流の強制関数がバッテリー電圧だけであっても、電流を上昇させるための時間から測定されるバルブ開放のための時間は短い。この時間は、ブーストされた回路が、さらに高いブースト電圧を強制関数として用いて、0から引き込みまで傾斜(ランプ)するのに要する時間にまさに匹敵する。

【0190】図29は、本発明のこの代替実施例に従って、ブーストされたシステムの経時的な起動電流を、事前にバイアスをかけられたシステムの経時的な起動電流に比較するグラフである。図29に示されるように、ブーストされたタイプのシステムは噴射T<sub>1</sub>のためにプログラムされた時間で起動され、T<sub>1</sub>時までに引き込み電流レベルにすばやく上昇する。本発明の事前にバイアスをかけられたシステムは、T<sub>2</sub>時の前にバッテリー電圧を利用して事前バイアス電流を生成する。プログラムされた噴射信号がT<sub>2</sub>時に生成されると、電流は、電流がブーストされたシステムにより達成される時間の直後のT<sub>2</sub>時までに引き込み電流に達するように、原動力としてバッテリー電圧を利用してさらに上昇する。言うまでもなく、システムは引き込み電流により近い事前バイアス電

流を生成するように設計されているので、事前にバイアスをかけられたシステムのタイムラグは減少され、ブーストされたシステムの応答時間を満たすか、あるいはそれを超過する可能性がある。さらに、ブーストされたシステムと比較して事前にバイアスをかけられたシステムから生じる遅延の増加を補償するために、プログラムされた噴射信号の時間を調整することもできる。この事前バイアス方法を、前記に説明した逆EMF感知方法と組み合わせると、タイミングは、ブーストされたシステムによってバルブが開かれるのと同時に、バルブを開くようにシステムにより動的に調整できる。

【0191】本発明の別の実施例においては、制御システムには、ピストン・ポンプに関連した故障を検出し、診断するために、経時的にアキュムレーター内の圧力をモニターし、圧力-時間波形を分析するためのソフトウェアが具備される。図30は、ポンプ動作イベントと燃料供給イベントを交互にすることにより生じる通常のアキュムレーター圧力の変動を示す。図31は、ポンプの1つが適切に動作していないことを示す、動作中の標準圧力からの異常な偏差を示す。

【0192】システムの圧力変換器の出力に表れる典型的な圧力信号は、図30に示される。前記に説明した動作の場合と同様に、燃料供給イベントのたびにポンプ動作イベントが1回起こり、ポンプは、すべての燃料供給イベントが次のポンプ動作イベントにより完全に補償されるように、サイズを決定される。

【0193】万-ポンプ装置の内の1つが故障すると、波形は図31に示されるようになる。障害の時点で読取り値と前の読取り値との間の差異は、大きく異なるであろう。ECMは、現象の反復性、つまりピストン・ポンプ“n”が利用される圧力と、ピストンポンプ“n-1”によって生成される圧力と比較して、圧力差異があることに注目することにより、これを確認することができる。それから、ECMは、整備士（メカニック）に連絡するために故障を記録し、オペレーターに警告を出すためにダッシュボードの適切な警告ランプを点灯する。

【0194】本発明のこの実施例は、圧力読取り値がエンジン位置と同期して、つまりエンジンが回転するたびに同じ点で、収集される。前記に説明した設計の特徴を利用している。したがって、故障したポンプは、図32のフローチャートに示されるアルゴリズムを利用して、広範囲に渡って波形をフィルター処理したり、解析したり、処理しなくても検出することができる。図32に示されるように、この実施例においては、アキュムレーター圧力を読み取るためのソフトウェアは、エンジン同期割り込みによって起動されると、ブロック2500が実行され、アキュムレーター圧力が前記に説明したようなやり方で読み取られ、A/D変換器によってマイクロプロセッサに送信されるように、修正される。電流圧力値は、少なくとももう一回ポンプ・サイクルの間、ブロッ

ク2502で記憶装置内に記憶される。その後、制御は、電流圧力値が、記憶装置内に記憶される前回測定された圧力値から差し引かれる、ブロック2504に移る。ブロック2506では、順次測定される圧力値の差異の絶対値が、事前に決定した障害（故障）しきい値と比較される。差異が障害値を上回る場合、制御は、それぞれ障害が記録され、警告がオペレーターに出される、ブロック2508と2510に移る。差異が障害値を下回る場合は、故障は報告されず、アキュムレーター圧力モニター制御アルゴリズムの動作は、前記に説明したやり方で続行する。障害値は、誤った警告を避けるために、アキュムレーター圧力での予備動作変動を越えるように選択される。ただし、障害値は、1つのポンプの故障が、前記に説明したアルゴリズムを利用して検出されるのに十分ほど小さく設定される。

【0195】図34に図解される、本発明の別の実施例は、おもに、同期速度内燃機関発電機セットなどの車両の推進以外での応用例での改善されたエンジン制御を提供する。図34に示されるように、このような発電機セットは、モーター2700、および電力引き出し装置2706にスイッチ2704を通して接続される発電機2702を具備する。明確にするために、ECM13、インジェクター・バルブ20、およびポンプ・バルブ18/19だけが図示されていないが、モーター2700には、本明細書に開示される種類の燃料装置および電子噴射制御システムが具備される。セッサー出力は、前記に説明したように、モーターからECM13へ接続される。重要なことに、スイッチ2704からECM13に制御信号回報2705が提供される。

【0196】この種の応用例では、発電機2702からかなりの電力の引き出しを開始するためにスイッチ2704が入れられると、モーター2700の負荷が急激に上昇する。通常、モーター2700は、エンジンを1800rpmのような希望速度で維持するために、フィードバック・コントロール・テクニックを利用して、ECM13により制御される。負荷が大幅に上昇すると、モーター2700は、希望速度を維持するためにはるかに大きなパワーを出さなければならない。発明者らは、より従来のシステムを用いた場合、フィードバック制御装置が速度の低下を検出するまで、負荷が加えられると、通常、モーターが瞬間的に低速化し、その結果生じる制御信号が、実際により多くの燃料をシリンダーに送達するために、制御燃料供給装置を通過して伝達されることを発見した。本発明により考えられる改善策においては、(発電機2702を装置2706に接続するスイッチ2704などの)負荷を加えるための制御装置の状態が、回報2708を通じてECM13に入力として提供され、ECM13は、負荷接続の状態をモニターする。負荷が加えられているという信号を受信した直後、ECM13は、事前に決定した時間期間の間、その同期制御

59 プログラムにより設定された燃料レベルを無効とし、この期間中事前に決定した増加した燃料供給レベルを設定し、次に発生するシリンダー噴射イベントで発行する。このようにして、エンジンのパワーは、負荷から生じるエンジン動作の変化に単に呼応するのではなく、エンジンの負荷の上昇に同期してただちに上昇する。本発明の高度に反応する燃料供給装置、およびこの即座の制御応答を用いると、負荷の増加に同期してエンジンのパワーを先を見越して増強することができる。一方、これは、あまり精密ではないコントロール・テクニックを用いたり、燃料供給制御信号、および燃料送達システム内での実際の燃料の移動と圧力の上昇のより大きな伝搬遅延があるシステムでは可能ではないであろう。したがって、この概念は、本明細書に開示される改良型燃料供給制御装置のコンテキストでは特に利点である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に従った燃料装置および制御システムを示す概要ブロック図である。

【図 2】本発明に従った図 1 の燃料供給システムの電子制御システムのブロック概要図である。

【図 3】図 2 の電子制御システムのインタフェース構成部品および電力構成部品の詳細な構成を示す回路図である。

【図 4】図 2 の電子制御システムのインタフェース構成部品および電力構成部品の詳細な構成を示す回路図である。

【図 5】図 2 の電子制御システムのインタフェース構成部品および電力構成部品の詳細な構成を示す回路図である。

【図 6】図 2 の電子制御システムのインタフェース構成部品および電力構成部品の詳細な構成を示す回路図である。

【図 7】図 8 から図 14 で説明されるアルゴリズムの階層関係を示す一般的なブロック図である。

【図 8】本発明に従ったエンジン速度処理アルゴリズム (ESP) のフローチャートである。

【図 9】本発明に従ったエンジン速度処理アルゴリズムのエンジン位置処理部分のフローチャートである。

【図 10】本発明に従ったエンジン速度処理アルゴリズムの速度処理部分のフローチャートである。

【図 11】本発明に従った燃料供給コマンド変換アルゴリズム (FCA) のフローチャートである。

【図 12】本発明に従ったポンプ・コマンド変換アルゴリズム (PCA) のフローチャートである。

【図 13】本発明に従ったバルブ・イベント制御アルゴリズム (VEC) の状態図である。

【図 14】本発明に従ったアキュムレータ圧力センサー・サンプリング (PSS) アルゴリズムのフローチャートである。

【図 15】本発明により制御される速度形成装置の断面

図である。

【図 16】図 15 の装置を使用する本発明により生成可能な燃料噴射圧力波形を示すグラフである。

【図 17】図 1 のインジェクション・バルブを使用する本発明により生成可能な第 2 の燃料噴射圧力波形を示すグラフである。

【図 18】従来の技術によるシステムにおける異なる電磁弁応答が原因の波形での変動を示すグラフである。

【図 19】図 15 の装置および図 1 に図示されるインジェクション・バルブの両方を使用する本発明により生成可能な別のインジェクター圧力波形を示すグラフである。

【図 20】本発明に使用されるタイプのブースト回路のブロック概要図である。

【図 21】本発明に開示されるような逆 EMF テクニクを使用して測定可能な、バルブ変遷中の電力の低下を示すグラフである。

【図 22】本発明に従った逆 EMF 検出回路の概要図である。

【図 23】本発明の電磁弁および逆 EMF 感知回路の動作と関連する波形のグラフである。

【図 24】典型的な電磁弁の場合の B と H の関係を示すグラフである。

【図 25】本発明に従ったソレノイド・インジェクション・バルブに對してさまざまな電圧レベルを提供するための回路のブロック概要図である。

【図 26】電磁弁の動作に関係した順次ソレノイド電圧の適用を示すタイミング図である。

【図 27】制御システムが、ディストリビューターとインジェクション・ノズルの間の不均衡なフュエル・ライン長を補償する本発明の実施例のブロック概要図である。

【図 28】本発明のフュエル・ライン長補償アルゴリズムのフローチャートである。

【図 29】ブーストされたシステムの経時的な起動電流を、本発明の代替実施例に従った事前バイアス済みシステムの経時的な起動電流と比較するグラフである。

【図 30】交互に発生するポンプ・イベントと燃料供給イベントの結果生じる経時的な正常なアキュムレータ圧力変動を示すグラフである。

【図 31】動作中の標準的な圧力からの異常な偏差を示すグラフである。

【図 32】広範囲な波形のフィルタ処理、分析、および処理を行わずに、故障したポンプを検出するために、本発明により使用されるアルゴリズムのフローチャートである。

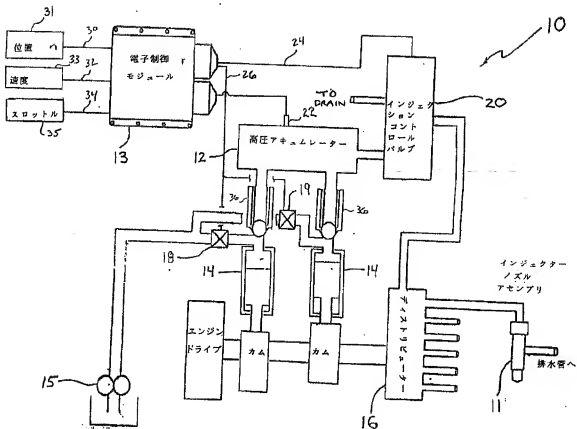
【図 33】明確なエンジン位置参照がないにも関わらず、アキュムレータと圧を達成するために使用されるパルス波形を示す図である。

【図 34】発電機セットと使用するエンジンなどの、車

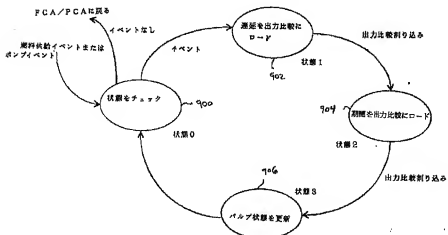


画以外に取り付ける内燃機関と使用するための制御システム\* \*テムのブロック概要図である。

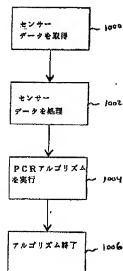
【圖 1】



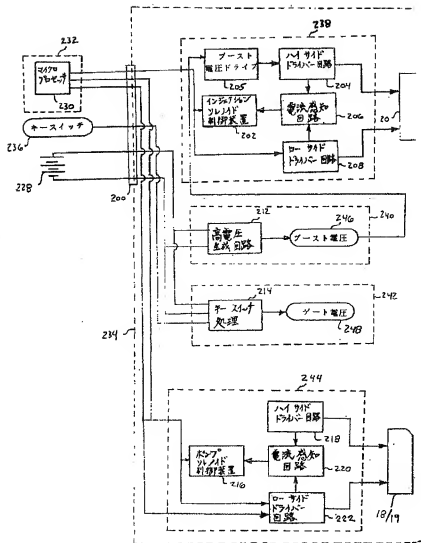
【圖 13】



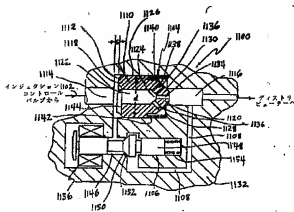
【图 14】



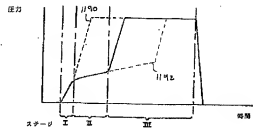
【図2】



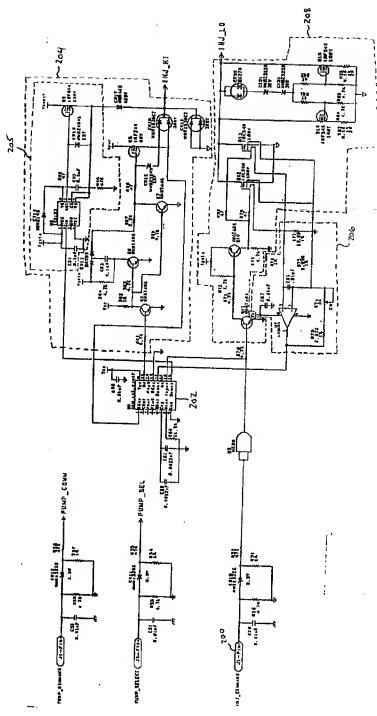
【図15】



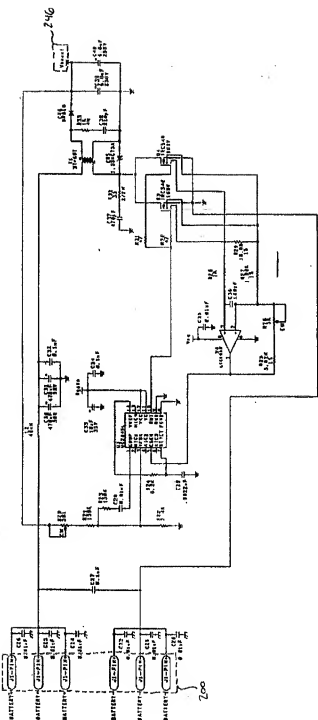
【図16】



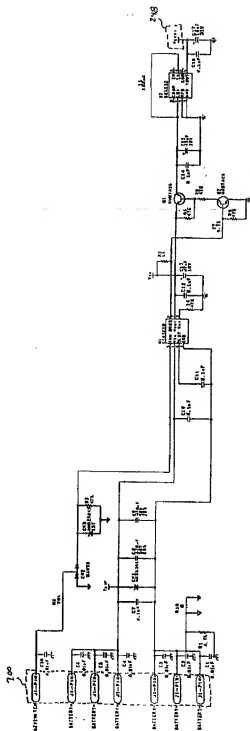
【圖3】



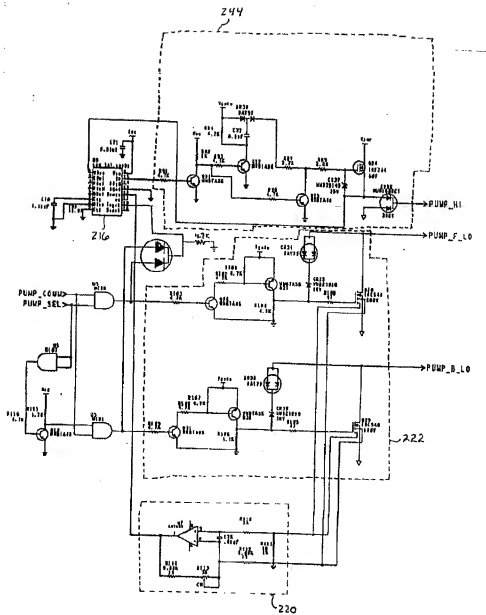
【図4】



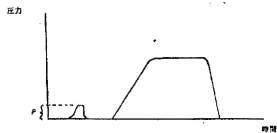
【図5】



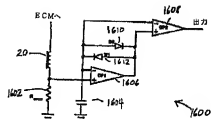
【図6】



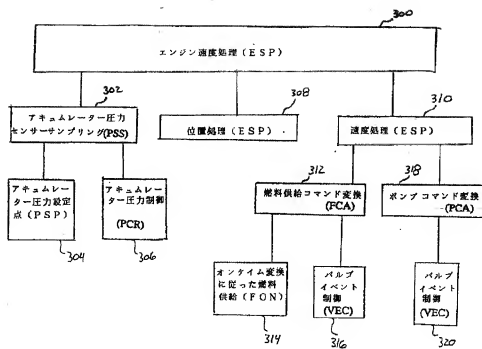
【図17】



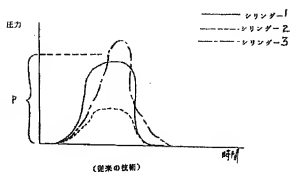
【図22】



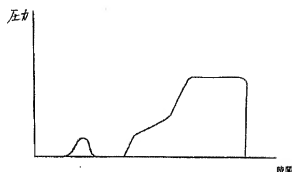
【図7】



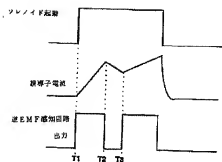
【図18】



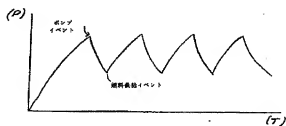
【図19】



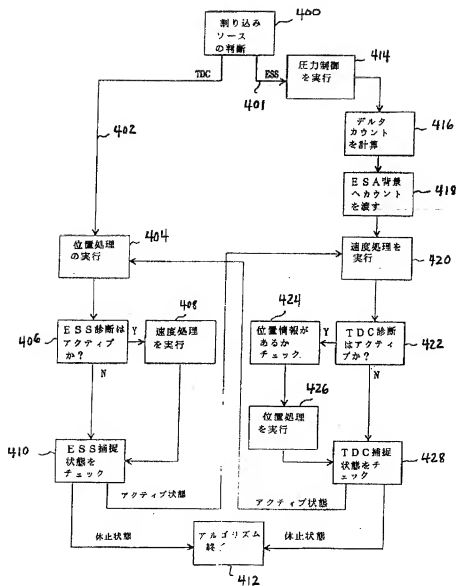
【図23】



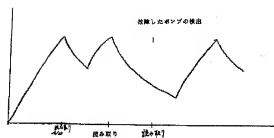
【図30】



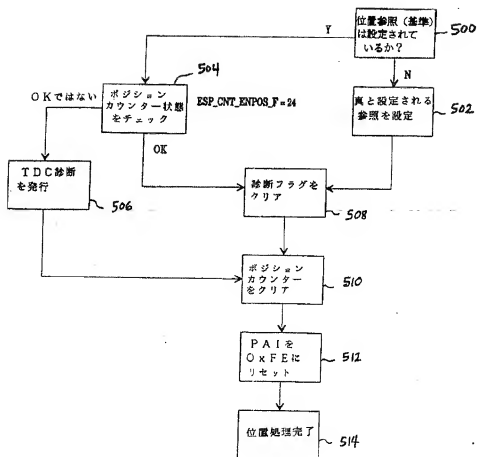
【図8】



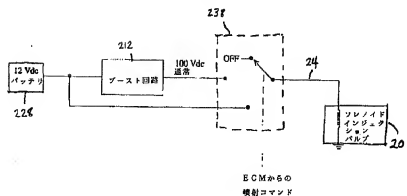
【図31】



【図9】

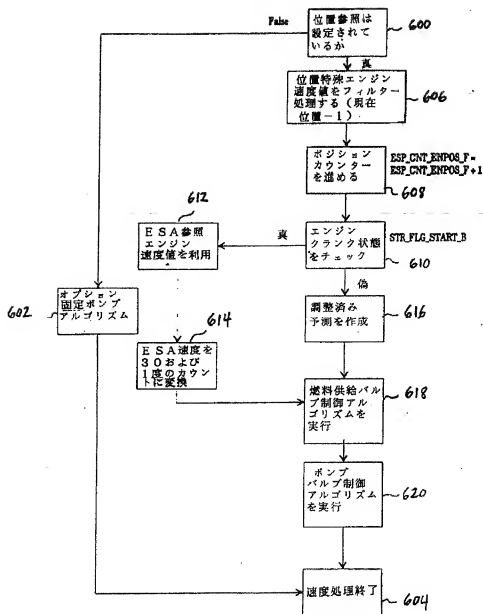


【図20】

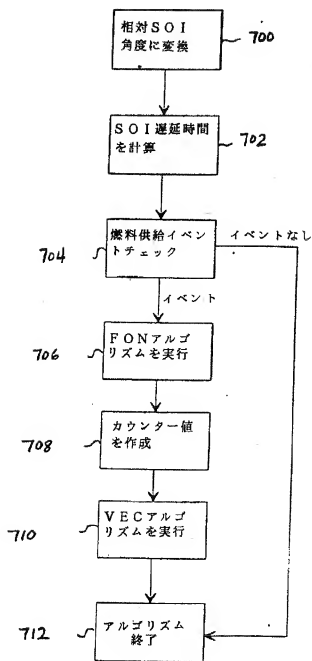




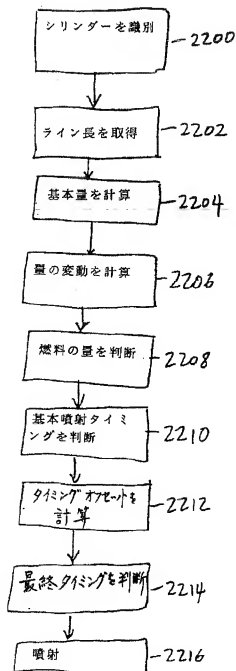
【図10】



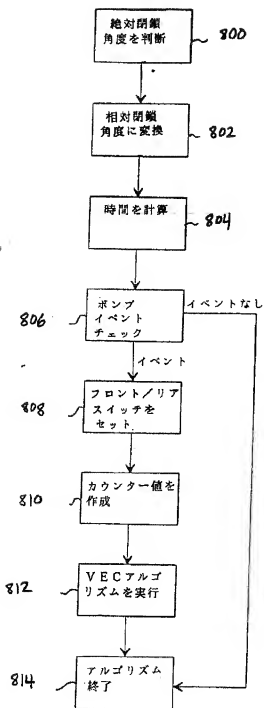
【図11】



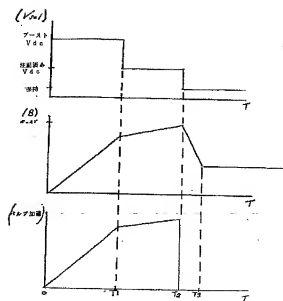
【図28】



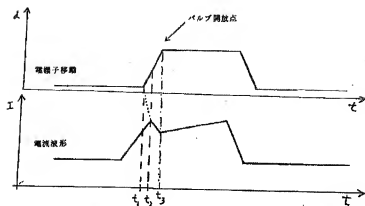
【図12】



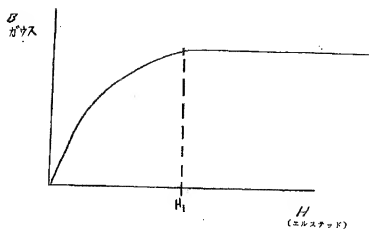
【図26】



【図21】

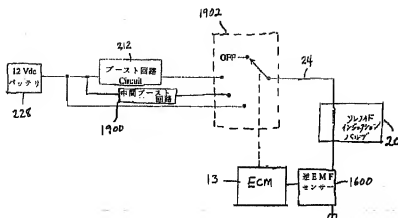


【図24】

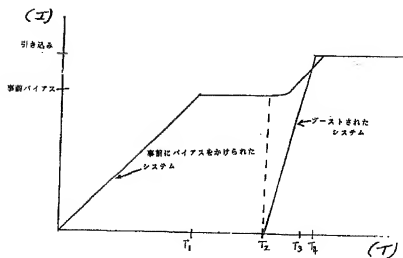


典型的なB/H曲線

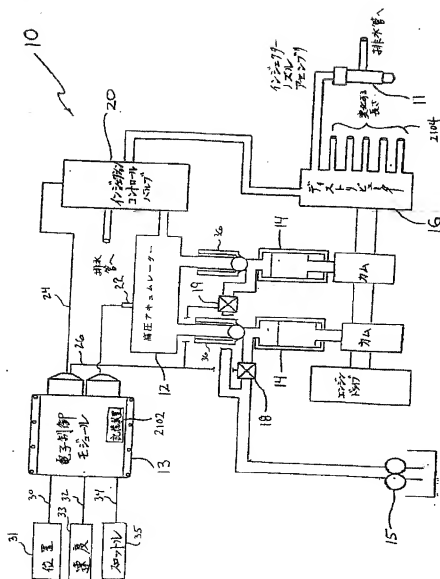
【図25】



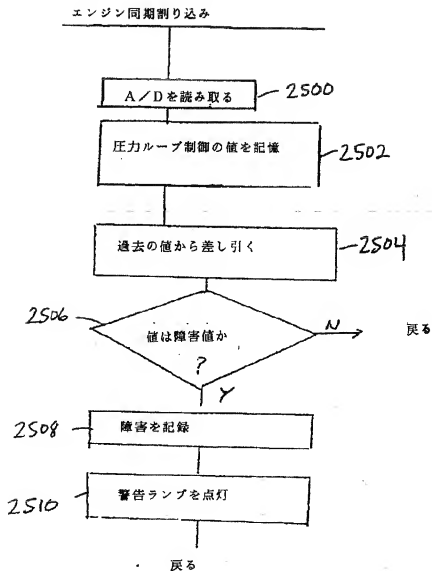
【図29】



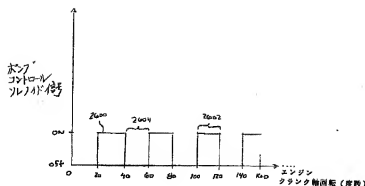
【図27】



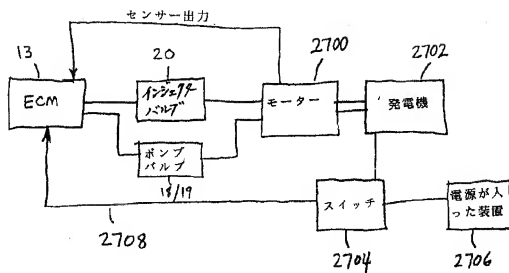
【図32】



【図33】



【図34】



フロントページの続き

(72)発明者 ジェフリー ダイカー  
 アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
 コロンバス コックス レーン 3385  
 (72)発明者 ジョナサン エイ. スタヴンハイム  
 アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
 コロンバス セイラー ドライブ 1175  
 (72)発明者 ウィリアム メイヤー  
 アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
 コロンバス アプト. ディー. ケビン  
 ドライブ 1161

(72)発明者 グレグ フライドホルム  
 アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
 コロンバス フランクリン 1019  
 (72)発明者 ゾン サン  
 アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
 コロンバス フォックスリッジ ドライ  
 ブ 3016  
 (72)発明者 ジョージ スタッドマン  
 アメリカ合衆国 イリノイ州 60056 マ  
 ウント プロスペクト サウス バイン  
 ストリート 413



(72)発明者 マーク ジー. トーマス  
アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
コロンバス ジャンコ ドライブ 1048

(72)発明者 ダブリュ. ビール デラノ  
アメリカ合衆国 インディアナ州 47201  
コロンバス リバーデイル ドライブ  
4715